

# Evaluación Rápida de la Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos de la Cuenca/Región Amazónica

## CAPÍTULO 2 Situación, tendencias y dinámica de la diversidad biológica en la Amazonía y la contribución de la naturaleza para las personas





## Evaluación Rápida de la Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos de la Cuenca/Región Amazónica

# CAPÍTULO 2

## Situación, tendencias y dinámica de la diversidad biológica en la Amazonía y la contribución de la naturaleza para las personas

**Autores Coordinadores:** Enzo Aliaga-Rossel (Bolivia) y Marlucia Bonifacio Martins (Brasil)

**Autores Principales :** Soraya Barrera (Bolivia), Ángel Benítez (Ecuador), Carlos Alfredo Cano (Ecuador), Tamilly Carvalho Melo dos Santos (Brasil), Valeria Díaz (Colombia), Jairo Herlan Domínguez (Bolivia), Moisés E. Domínguez-López (Colombia), Giulia Cristina dos Santos Lopes (Brasil), María Doris Escobar (Colombia), Viviane Figueiredo Souza (Brasil), Vitor Freitas (Brasil), Daniele Gidsicki (Brasil), Damián Guerra (Ecuador), Marisol Hidalgo Cossio (Bolivia), Gerson Paulino Lopes (Brasil), Sergio Esteban Lozano Báez (Colombia), Kathleen Gersie Montiel S. (Suriname), Clara P. Peña-Venegas (Colombia), Carmelo Peralta-Rivero (Bolivia), Jhonatan Mauricio Quiñones (Colombia), Carla Ramírez (Bolivia), Gustavo Rey (Bolivia), Diana Rojas (Colombia), Eliana Soraya Sánchez Moreano (Ecuador), Aldeban Santos (Brasil), Jaime Sarmiento (Bolivia), Lorena Tique (Colombia), Aída M. Vasco-Palacios (Colombia), Marilene Vasconselos da Silva (Brasil), Virginie R. Wortel (Suriname)

**Autores Contribuyentes:** Teresita Antazu López (Perú), Angélico Asenjo (Perú), Rosa Barrios (Perú), Pamela Cartagena (Bolivia), Claudia Colomo (Bolivia), Cristian Cruz (Colombia), João Paulo Lima (Brasil), Oscar Luna (Ecuador), Antonio Matamoros (Ecuador), Alexandre Felipe Raimundo Missassi (Brasil), Priscilla Peredo (Brasil), Rony Peterson (Brasil), Rocío Polanco (Colombia), Alfredo Portilla (Perú), Jaime Rodríguez (Bolivia), Tatiana Sanjuan (Colombia), Helen Sotão (Brasil), Arleu Viana Junior (Brasil), Gisela Paredes-Leguizamón (Colombia).

## **Secretaría Permanente-Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (SP/OTCA)**

### **Secretaria General**

Alexandra Moreira López

### **Director Ejecutivo**

Carlos Alfredo Lazary Teixeira

### **Director Administrativo**

Carlos Armando Salinas Montes

### **Asesora de Comunicación**

Frida Montalvan

## **Proyecto de apoyo al Programa Regional de Diversidad Biológica para la Cuenca/Región Amazónica**

### **Coordinador**

Cristian Guerrero Ponce de León

## **Comité Científico de la Evaluación Rápida de Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos en la región Amazónica**

Alberto Cruz Quispe (Bolivia), Nestor Hugo Aranibar Rojas (Bolivia), Joice Nunes Ferreira (Brasil), Rogério Fonseca (Brasil), Andrés Barona (Colombia), Claudia Nuñez (Colombia), Walker Hoyos Giraldo (Colombia), Elisa Bonaccorso (Ecuador), Pablo Jarrín (Ecuador), Judea Crandon (Guyana), Lauren Sampson (Guyana), Harold Gutierrez (Perú), Kember Mejía (Perú), Eliza Zschuschen (Suriname), Gwendolyn Landburg (Suriname), Angel González (Venezuela), Betzabey Motta (Venezuela).

## **Secretaría Técnica de Apoyo de la Evaluación Rápida de Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos en la región Amazónica**

Claudia Colomo, Natalia Méndez Ruiz-Tagle, Rodrigo Moreno Villamil, Erika Peñuela, Juliana Echeverri, Julio Sampaio.

### **Realización**

Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

## Evaluación Rápida de Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos en la Región Amazónica

### Resumen para Tomadores de Decisiones

**Autores coordinadores:** Sandra Acebey (Bolivia), Rosario Gómez (Colombia), Rocío Polanco (Colombia).

**Autores principales:** Enzo Aliaga-Rossel (Bolivia), Mario Fernandes (Brasil), Catherine Gamba Trimiño (Colombia), Alejandro González Valencia (Colombia), Gisela Paredes-Leguizamón (Colombia).

**Autores contribuyentes:** Claudia Colomo (Bolivia), Cristian Guerrero Ponce de León (Perú), Natalia Méndez Ruiz-Tagle (Bolivia), Rodrigo Moreno Villamil (Colombia), Erika Peñuela (Colombia), Julio Sampaio (Brasil).

### Capítulo 1. Introducción y Contexto

**Autores:** Sandra Acebey (Bolivia), Enzo Aliaga-Rossel (Bolivia), Juanita Chávez Posada (Colombia), Daniele Gidsiki (Brasil), Giulia Lopes (Brasil), Rocío Polanco (Colombia).

### Capítulo 2. Situación, tendencias y dinámica de la diversidad biológica y las contribuciones de la naturaleza para las personas

**Autores coordinadores:** Enzo Aliaga-Rossel (Bolivia) y Marlucia Bonifacio Martins (Brasil).

**Autores principales:** Soraya Barrera (Bolivia), Ángel Benítez (Ecuador), Carlos Alfredo Cano (Ecuador), Tamily Carvalho Melo dos Santos (Brasil), Valeria Díaz (Colombia), Jairo Herlan Domínguez (Bolivia), Moisés E. Domínguez-López (Colombia), Giulia Cristina dos Santos Lopes (Brasil), María Doris Escobar (Colombia), Viviane Figueiredo Souza (Brasil), Vitor Freitas (Brasil), Daniele Gidsicki (Brasil), Damián Guerra (Ecuador), Marisol Hidalgo Cossio (Bolivia), Gerson Paulino Lopes (Brasil), Sergio Esteban Lozano Báez (Colombia), Kathleen Gersie Montiel S. (Suriname), Clara P. Peña-Venegas (Colombia), Carmelo Peralta-Rivero (Bolivia), Jhonatan Mauricio Quiñones (Colombia), Carla Ramírez (Bolivia), Gustavo Rey (Bolivia), Diana Rojas (Colombia), Eliana Soraya Sánchez Moreano (Ecuador), Aldeban Santos (Brasil), Jaime Sarmiento (Bolivia), Lorena Tique (Colombia), Aída M. Vasco-Palacios (Colombia), Marilene Vasconselos da Silva (Brasil), Verginia R. Wortel (Suriname).

**Autores contribuyentes:** Teresita Antazu López (Perú), Angélico Asenjo (Perú), Rosa Barrios (Perú), Pamela Cartagena (Bolivia), Claudia Colomo (Bolivia), Cristian Cruz (Colombia), João Paulo Lima (Brasil), Oscar Luna (Ecuador), Antonio Matamoros (Ecuador), Alexandre Felipe Raimundo Missassi (Brasil), Priscilla Peredo (Brasil), Rony Peterson (Brasil), Rocío Polanco (Colombia), Alfredo Portilla (Perú), Jaime Rodríguez (Bolivia), Tatiana Sanjuan (Colombia), Helen Sotão (Brasil), Arleu Viana Junior (Brasil), Gisela Paredes-Leguizamón (Colombia).

**Autores revisores:** Enzo Aliaga-Rossel (Bolivia) y Marlucia Bonifacio Martins (Brasil).

### **Capítulo 3. Impulsores de las amenazas, pérdidas, oportunidades y transformación de la naturaleza**

**Autores coordinadores:** Sandra Acebey (Bolivia), José Rancés Caicedo-Portilla (Colombia), Alfredo Portilla (Perú).

**Autores principales:** Rubén Basantes-Serrano (Ecuador), Claudia Patricia Camacho (Colombia), Rodrigo Espinosa (Ecuador), Emily Roxana Galarza (Colombia), Catherine Gamba-Trimiño (Colombia), Karen García Rodríguez (Bolivia), Andrea Mejía Uría (Bolivia), Bruno Meirelles de Oliveira (Brasil), María Alejandra Moscoso (Ecuador), Yovana Murillo (Perú), María Cristina Peñuela (Ecuador), César Santa Gadea (Bolivia).

**Autores contribuyentes:** Enzo Aliaga-Rossel (Bolivia), Pablo Rodrigo Cuenca Capa (Ecuador), Natalia Méndez Ruiz-Tagle (Bolivia), Rocío Polanco (Colombia).

**Autores revisores:** Sandra Acebey (Bolivia), José Rancés Caicedo-Portilla (Colombia), Claudia Patricia Camacho (Colombia), Karen García Rodríguez (Bolivia).

### **Capítulo 4. Diálogo de saberes y conocimiento tradicional asociado con la diversidad biológica**

**Autores coordinadores:** Pamela Cartagena (Bolivia), Ángel Durán (Bolivia), João Paulo Lima Barreto (Brasil).

**Autores principales:** Vladimir Aguiar (Venezuela), José Álvarez Alonso (Perú), Marco Andrade Echeverria (Ecuador), Carlos Hernán Castro (Colombia), Victoria Duarte Lacerda (Brasil), Mario Fernandes (Brasil), Valentina Fonseca Cepeda (Colombia), Juliano Franco Moraes (Brasil), Rosember Hurtado (Bolivia), Oscar Plata (Bolivia), Rosélis Remor de Souza Mazurek (Brasil), Nohora Alejandra Quiguantar (Colombia).

**Autores contribuyentes:** Alejandra Anzaldo (Bolivia), Carmelo Peralta (Bolivia), Alfredo Rousseau (Bolivia), Mario Vargas (Bolivia), Shuar Velásquez (Perú), Vincent Vos (Bolivia).

Autora revisora: Pamela Cartagena (Bolivia).

### **Capítulo 5. Interacciones entre naturaleza y sociedad al presente y futuro: el camino desde el desarrollo sostenible/sustentable hacia el “Buen Vivir”**

**Autores coordinadores:** Óscar Luna (Ecuador), Lizandra Paye (Bolivia), Rocío Polanco (Colombia).

**Autores principales:** Viviana Albarracín (Bolivia), Pamela Ávila (Bolivia), Ángela Marcela Castillo Burbano (Colombia), Rodolfo Ilario da Silva (Brasil), Juárez Pezzuti (Brasil), Carlos Prado Filho (Brasil), Daniel Rubens Cenci (Brasil), Catalina Serrano (Colombia), Camila Thomas (Colombia), Ana Luiza Violato Espada (Brasil).

**Autores contribuyentes:** Claudia Achá (Bolivia), Germán Duglas Cortés Dussán (Colombia), Mayra Esseboom (Suriname), Anwar Helstone (Suriname), Iran Carlos Lovis Trentin (Brasil), Monique Pool (Suriname), María José Sarzoza (Ecuador).

**Autoras revisoras:** Paola Moreno (Colombia), Rocío Polanco (Colombia).

## **Capítulo 6. Políticas, instituciones y gobernanza en diferentes escalas y sectores**

**Autores coordinadores:** Rosa Barrios (Perú), Rosario Gómez-S. (Colombia), Antonio Matamoros (Ecuador).

**Autores principales:** Noelia Fernández (Bolivia), Alejandro González (Colombia), Gisela Paredes-Leguizamón (Colombia), Wilson Rocha (Bolivia), Ati Villafaña (Colombia), Carolina Villegas (Colombia).

**Autores contribuyentes:** Julio César Arias (Colombia), Larissa Carvalho (Brasil), César Gamboa (Perú), Claudia Núñez (Colombia), Bolier Torres (Ecuador).

Autora revisora: Rosario Gómez-S. (Colombia).

### **Edición final:**

María Eugenia Corvalán

© OTCA 2023

### **Diseño Gráfico:**

Barbara Miranda

### **Dirección OTCA:**

SEPN 510, Bloco A, 3er andar- ASA Norte, Brasilia, DF, Brasil

CEP 70.570-521

Tel. 5561-3248.4119/4132

### **Citar como:**

Aliaga-Rossel, E., Martins, M.B., Barrera, S., Benítez, Á., Cano, C.A., dos Santos, T.C.M., Díaz, V., Domínguez, J.H., Domínguez-López, M.E., Lopes, G.C.S., Escobar, M.D., Souza, V.F., Freitas, V., Gidsicki, D., Guerra, D., Hidalgo Cossio, M., Lopes, G.P., Trentin, I.C.L., Lozano Báez, S.E., Montiel S., K.G., Peña-Venegas, C.P., Peralta-Rivero, C., Quiñones, J.M., Ramírez, C., Rey, G., Rojas, D., Sánchez Moreano, E.S., Santos, A., Sarmiento, J., Tique, L., Vasco-Palacios, A.M., Vasconselos da Silva, M., Wortel, V.R., Antazu López, T., Asenjo, A., Barrios, R., Cartagena, P., Colomo, C., Cruz, C., Lima Barreto, J.P., Luna, O., Matamoros, A., Missassi, A.F.R., Peredo, P., Peterson, R., Polanco, R., Portilla, A., Rodríguez, P., Sanjuan, T., Sotão, H., Viana Junior, A. , Paredes-Leguizamón, G. (2023) Capítulo 2: Situación, tendencias y dinámica de la diversidad biológica y las contribuciones de la naturaleza para las personas En: *Evaluación Rápida de la Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos en la Región Amazónica*. M.E. Corvalán (Ed.) OTCA, Proyecto OTCA/BIOMAZ, GIZ-Brasil, Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), Instituto Humboldt (Colombia). Brasilia, Brasil.

## Notas Aclaratorias

La Evaluación Rápida de la Diversidad Biológica y de los Servicios Ecosistémicos en la Cuenca/Región Amazónica (en adelante Evaluación Rápida) comprende seis capítulos:

1. Introducción y Contexto.
2. Situación, tendencias y dinámica de la diversidad biológica en la Amazonía y la contribución de la naturaleza para las personas.
3. Impulsores de las amenazas, pérdidas, oportunidades y transformación de la naturaleza.
4. Diálogo de saberes y conocimientos tradicionales asociados a la diversidad biológica.
5. Interacciones entre naturaleza y sociedad al presente y futuro: caminos hacia el desarrollo sostenible y el buen vivir.
6. Políticas, instituciones y gobernanza en diferentes escalas y sectores.

Para una adecuada lectura y entendimiento del presente capítulo es importante tener en cuenta los siguientes elementos de aclaración y contexto:

1. De acuerdo con lo establecido en el Documento de Ámbito que establece las orientaciones para la realización de la Evaluación Rápida, ésta se llevó a cabo tomando como referencia y guía para su elaboración, el marco conceptual y metodológico adoptado en el año 2014, por la Plataforma Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES, sigla en inglés). En este sentido, la Evaluación Rápida no responde a una de las evaluaciones aprobadas en el Plan de trabajo de la IPBES, sino que se constituye en un trabajo de investigación liderado por la OTCA, adaptando la metodología IPBES al contexto de la Cuenca/Región Amazónica, pero sin ceñirse de manera estricta a dicha metodología.
2. La presente Evaluación adquiere el adjetivo de “Rápida” dado que se elaboró en un periodo de dos años, desde el 2020 hasta el 2022, un lapso más corto, que el tomado para las evaluaciones geográficas o temáticas adelantadas por la IPBES, conforme a su Plan de Trabajo, las cuales usualmente han tardado entre cuatro y cinco años.
3. Conforme a la metodología IPBES, la Evaluación Rápida se elaboró a partir de la búsqueda, análisis y sistematización de información secundaria ya existente en diferentes fuentes, por tanto, no fue de su alcance ni tuvo previsto generar información primaria o la colecta de nuevos datos. En ese sentido, y teniendo en cuenta que la temporalidad de la Evaluación Rápida se dio entre 2020 y 2022, la información posterior producida a dicho periodo no se encuentra incluida en el Documento Técnico, es decir, en los seis capítulos que comprende esta Evaluación, lo cual no debe ser considerado como un vacío de información.
4. Desde un alcance geográfico y de acuerdo con el Documento de Ámbito, la Evaluación Rápida hace referencia a la Cuenca/Región Amazónica, entendiendo que la región incluye también la Cuenca Amazónica, por eso en el mismo sentido se nombra Amazonía.
5. Aunque la Guayana Francesa al ser un territorio de ultramar de Francia, no hace parte de los Países Miembros de la OTCA, la información sobre su biodiversidad, así como su situación socioeconómica fue incluida en la Evaluación Rápida al pertenecer a la Cuenca/Región Amazónica.

- 6.La Evaluación Rápida fue elaborada por 118 autores de diferentes disciplinas y pertenecientes a los Países Miembros de la OTCA, quienes, de acuerdo con la metodología de la IPBES, participaron de forma voluntaria e independiente, sin representar los intereses particulares de ninguno de los países, ni de las entidades o instituciones a las cuales están vinculados.
- 7.La Evaluación aborda la Amazonía Azul desde una mirada integral geopolítica que considera, entre otros aspectos, su ubicación estratégica de conectividad Andes – Amazonía Verde - Océano Atlántico, así como su importancia económica. Esta mirada no refleja necesariamente el origen del concepto.
- 8.Teniendo en cuenta la aclaración previa que la Evaluación Rápida se elaboró a partir de la gestión de información secundaria, se encontró una dispersión de datos en relación con algunos grupos biológicos de la biodiversidad de la Cuenca/Región Amazónica, en razón entre otras, a las diferentes escalas, ámbitos geográficos y temporalidad de estos, por lo cual no es posible unificar dicha información. Esto no debe ser considerado como un vacío de información, sino como una de las principales situaciones evidenciadas por la Evaluación, y que conlleva a la necesidad de adelantar futuras Evaluaciones sobre estas temáticas y con mayor nivel de detalle, que permitan a futuro contar con información biológica unificada para la biodiversidad de la Cuenca/Región Amazónica.
- 9.Dado que el documento técnico contiene cerca de 1.200 páginas y se trata de una Evaluación Rápida, las tablas y figuras se dejarán en los idiomas originales en los que fueron enviados por los autores.

**Nota de la editora:** Los nombres en español y portugués de algunos autores aparecen en numerosos casos, sin tilde o sin la “ñ”, debido a que son autores de textos en inglés. Por lo tanto, no se pueden corregir. Se usan en el texto según se mencionan en sus obras en las Referencias.

## Descargo de responsabilidades

La información presentada en este documento tiene un carácter puramente informativo y no refleja necesariamente la opinión de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) ni de la entidad miembro de la Unidad Técnica de Apoyo de la Evaluación Rápida de la Diversidad Biológica y de los Servicios Ecosistémicos de la Cuenca/Región Amazónica. La información proporcionada se basa en fuentes consideradas confiables, pero no se garantiza su exactitud, integridad o actualidad. Todas las opiniones expresadas en este documento son exclusivamente de los autores.

Esta publicación ha sido elaborada por 118 autores que, de manera voluntaria, ad honorem, desarrollaron los contenidos de la Evaluación Rápida de la Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos en la Región Amazónica para el Programa Regional de Diversidad Biológica para la Cuenca/Región Amazónica, bajo el Proyecto OTCA/Biomaz, con el apoyo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). En este proceso participaron representantes de la GIZ, la OTCA y el Instituto Humboldt. Todas las opiniones expresadas en este documento son las de los autores y no reflejan necesariamente la posición de la GIZ, el Instituto Humboldt y la OTCA.

# Tabla de contenido

<b>Resumen Ejecutivo</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Marco Conceptual</b>	<b>20</b>
2.1.1 Historia Arqueológica de la Amazonía y su relación con la Biodiversidad	20
<b>2.2 El Ecosistema Amazónico</b>	<b>21</b>
2.2.1 Ecosistemas Urbanos	28
<b>2.3 Riqueza y Conservación de los Grupos Taxonómicos</b>	<b>29</b>
2.3.1 Bacterias	29
2.3.2 Hongos	34
2.3.3 Plantas	45
2.3.4 Insectos	47
2.3.5 Arañas	53
2.3.6 Lombrices	55
2.3.7 Peces	56
2.3.8 Anfibios	66
2.3.9 Reptiles	70
2.3.10 Mamíferos	72
<b>2.4 Análisis de Tendencias de las Estrategias para la Conservación de la Biodiversidad en la Amazonía</b>	<b>75</b>
2.4.1 Reservas de la Sociedad Civil	78
2.4.2 Unidades Federales de Conservación en Brasil	80
2.4.3 Territorios Indígenas	84
2.4.4 Planes de Acción para la Protección de Especies Amenazadas	85
2.4.5 Pago por Servicios Ambientales	86

<b>2.4.6 Manejo de Ecosistemas</b>	<b>87</b>
<b>2.5 Potencialidades de la Biodiversidad</b>	<b>93</b>
<b>2.5.1 Valores Culturales de la Biodiversidad</b>	<b>93</b>
<b>2.5.2 Biotecnología</b>	<b>97</b>
<b>2.5.3 Seguridad y Soberanía Alimentaria</b>	<b>98</b>
<b>2.5.4 Salud</b>	<b>103</b>
<b>2.6. Manejo de la Información de Biodiversidad y Vacíos a Escala Regional</b>	<b>107</b>
<b>Referencias</b>	<b>112</b>
<b>Anexo</b>	<b>161</b>

# Índice de Boxes

## 2.2.1 Ecosistemas Urbanos

Box 2.2.1 Ecosistemas amazónicos de Suriname

## 2.3.1 Bacterias

Box 2.3.1.1 Bacterias que habitan las hojas de los árboles en la Amazonía

Box 2.3.1.2 Bacterias que habitan el río Amazonas y sus tributarios

Box 2.3.1.3 Bacterias que habitan el aire

Box 2.3.1.4 Bacterias en los pobladores amazónicos

## 2.3.2 Hongos

Box 2.3.2.1 Conocimiento de hongos de los ecosistemas amazónicos

Box 2.3.2.2 Hongos en ambientes amazónicos naturales

Box 2.3.2.3 Hongos que habitan el aire

Box 2.3.2.4 Diversidad de hongos patógenos y asociados a otros organismos

## 2.3.4 Insectos

Box 2.3.4.1 Grupos dominantes de hormigas en áreas prístinas e impactadas

Box 2.3.4.2 Importancia de las hormigas para los pueblos indígenas y las comunidades locales

Box 2.3.4.3 Estimaciones del efecto del cambio climático sobre las mariposas en la Amazonía brasileña

## 2.3.8 Anfibios

Box 2.3.8.1 Uso de anfibios por los pueblos indígenas

## 2.3.10 Mamíferos

Box 2.3.10.2.1 Endemismos de mamíferos en Bolivia y Brasil

Box 2.3.10.2.2 Los delfines de río

## 2.4.2 Unidades Federales de Conservación en Brasil

Box 2.4.2.1 Otras categorías de Unidades de Conservación en Brasil

Box 2.4.2.2 Instrumentos de Gestión Territorial. Mosaicos de Áreas Protegidas en Brasil

Box 2.4.2.3 Reservas de la biosfera

Box 2.4.2.4 Corredores ecológicos

## 2.4.6 Manejo de Ecosistemas

Box 2.4.6.1.1 Alianza para la Restauración. Caminos para impulsar la restauración en la Amazonía

Box 2.4.6.1.2 Áreas prioritarias para la restauración del Bioma Amazónico en Brasil

## **Índice de Estudios de caso**

**Estudio de caso 2.1** Manejo participativo de pesca en la Reserva Extractivista del Baixo Juruá

**Estudio de caso 2.2** Programa de Gestión Pesquera Sostenible

**Estudio de caso 2.3** La Yuca (*Manihot esculenta*) como base de la alimentación indígena amazónica

**Estudio de caso 2.4** Frutos amazónicos en Sistemas Agroforestales: combinación perfecta para la seguridad alimentaria y la lucha contra el cambio climático en la Amazonía boliviana

**Estudio de caso 2.5** Importancia de las plantas nativas medicinales en la Amazonía boliviana en tiempos de COVID 19

**Estudio de caso 2.6** Recuperación y valorización de plantas medicinales indígenas de la selva central peruana

## **Índice de Tablas**

**Tabla 2.1** Datos de registros de hongos

**Tabla 2.2** Número de especies de hongos amenazadas por categoría de amenaza en los países que son parte de la cuenca del Amazonas

**Tabla 2.3** Ubicaciones con las listas más grandes de especies de arañas registradas en la Amazonía

**Tabla 2.4** Riqueza de especies de peces y endemismos por subcuenca de nivel 1 y 2 de la cuenca del Amazonas

**Tabla 2.5** Especies de reptiles amenazadas y clasificadas según la CITES

Tabla 2.6 Meses de aprovechamiento de productos de los Sistemas Agroforestales (SAF), familia del señor Ignacio Escalante, Amazonía Sur de Bolivia

**Tabla 2.7** Balance de carbono equivalente para sistemas de producción de acuerdo con el uso de la tierra

**Tabla 2.8** Principales plantas nativas de uso medicinal en la Amazonía boliviana durante el CO-VID-19

**Tabla 2.9** Indicadores globales del grado de desarrollo de los sistemas de información en biodiversidad de los países que tienen territorios en la Amazonía

## Índice de Figuras

**Figura 2.1** Clasificación de la cuenca del Amazonas a escala de tercer nivel y cuencas costeras adyacentes

**Figura 2.2** Amazonía azul

**Figura 2.3** Río de aguas blancas

**Figura 2.4** Río de aguas negras, río Negro

**Figura 2.5** Río de aguas claras, río Tapajós

**Figura 2.6** Número de especies de hongos amenazadas por categoría de amenaza en los países que son parte de la cuenca del Amazonas

**Figura 2.7** Funga de la Región Amazónica

**Figura 2.8** Adornos hechos con alas de *Chrysophora chrysochlora* (Scarabaeidae) por el pueblo Aguajum - Awajún de la alta Amazonía peruana

**Figura 2.9** Arañas del Amazonas

**Figura 2.10** Principales áreas de pesca en la cuenca Amazónica

**Figura 2.11** *Pseudacanthicus pirarara* (familia Loricariidae), especie de pez endémica del río Xingu, descrita en 2016 por Chamon y Sousa

**Figura 2.12** *Hypancistrus zebra*, Especie de acari (familia Loricariidae), especie de pez endémica del río Xingu y descrita en 1991 por Isbrucker y Nijssen

**Figura 2.13** Número de especies de peces amenazadas en todo el mundo con destaque por categoría de amenaza en el mundo y en los países que son parte de la cuenca del Amazonas, representadas con siglas en inglés.

**Figura 2.14** Ubicación de áreas protegidas gubernamentales en la región Amazónica

**Figura 2.15** Unidades de Conservación de Tierras Indígenas en la Amazonía Brasilera

**Figura 2.16** Una de las huertas medicinales donde se han aumentado las camas (áreas de siembra)

**Figura 2.17** Gráfico de conocimiento de la biodiversidad

**Figura 2.18** Ciclo de vida de los datos de biodiversidad

**Figura 2.19** Área preliminar de delimitación de la Amazonía en el GBIF mostrando la concentración de datos de biodiversidad

**Figura 2.20** Número de datos para los distintos reinos en la base de datos del GBIF para la Amazonía

## Índice de Anexos

**Anexo 1** Áreas protegidas amazónicas

## Resumen Ejecutivo

El capítulo presenta algunos elementos de análisis y juicio relevantes sobre la situación, tendencias y dinámica de la diversidad biológica y las contribuciones de la naturaleza para las personas, aunque no se dispone de suficiente información para un análisis profundo sobre el estado de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de la Región Amazónica.

Además, efectúa una amplia aproximación sobre recursos vitales para la supervivencia de los pueblos indígenas y comunidades locales.

### Principales hallazgos y mensajes fuerza de este capítulo:

- 1. Los ecosistemas de la Cuenca/Región Amazónica son importantes para el mundo:** por su capacidad de regular el clima, al ser la mayor cuenca hidrográfica del planeta y ofrecer servicios ecosistémicos cruciales, como la remoción de contaminantes del aire, albergar hábitats para la fauna y flora silvestre; constituyendo uno de los principales reservorios de carbono terrestre del mundo. (*Bien establecido*).
- 2. La Amazonía es megadiversa, multiétnica y pluricultural.** (*Bien Establecido*) La diversidad amazónica no se expresa únicamente por la variedad de especies. Comprende diversos ecosistemas acuáticos y terrestres, zonas montañosas y estuarinas.

Su composición poblacional también es diversa, se encuentran entre 420 y 511 pueblos indígenas, según cifras de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA, 2021) y de la Coordinadora de Organizaciones Indígenas de la Cuenca Amazónica (COICA, s.f.), citada en el Observatorio Regional Amazónico, s.f. (ORA-OTCA), respectivamente, de los cuales cerca de 66 se encuentran en aislamiento voluntario o contacto inicial, además de otras comunidades étnicas, quilombolos, ribereños, afrodescendientes, campesinas, colonos, grandes centros urbanos y pequeñas aldeas.

Las tierras indígenas y las áreas ocupadas por pueblos originarios de la Amazonía, aun cuando no representen unidades formales de conservación, son responsables de retener gran parte del bosque en pie en sus territorios. Y en las regiones más devastadas de la Amazonía, pueden llegar a representar casi el 100% de los remanentes de selva en estos territorios. Son muchas Amazonías coexistiendo simultáneamente y todas ellas deben ser debidamente consideradas. (*Bien establecido*).

- 3. Urbanización de la Amazonía.** Según Naciones Unidas, más de la mitad de la población mundial vive en ciudades, estimándose que el 68% de la población se volverá urbana hacia el 2050, lo que afectará significativamente la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

En el contexto de las ciudades tropicales y el ecosistema amazónico, se han desarrollado muy pocos estudios para comprender el escenario de los grandes centros urbanos dentro del bosque tropical más grande del mundo. Asimismo, existe un gran vacío de información sobre los efectos directos e indirectos derivados de la urbanización sobre la biodiversidad en toda el área de la Amazonía Legal. (*Establecido pero incompleto*). La Amazonía Legal es una región definida por Brasil para delimitar el área amazónica de ese país, comprende nuevos estados amazónicos: Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima y Tocantins.

**4. Endemismos.** Los endemismos son especies que se encuentran sólo en un lugar geográfico particular y en ningún otro, incluso en áreas geográficas muy pequeñas, y también pueden ser vulnerables a perturbaciones ambientales y cambios en su hábitat. La Amazonía presenta endemismos tanto a nivel de bioma, bien sea subregional o local, principalmente relacionados con hábitats *sui generis*. El bioma implica un área que alberga plantas, vegetales, animales y otros organismos que están interrelacionados y se caracteriza por su clima, suelo y vegetación y fauna específicos.

Las zonas con mayores registros de endemismo de especies de peces se encuentran en las regiones aisladas y altas de la Cuenca Amazónica. Sin embargo, son las zonas con menor número de áreas protegidas. Esto lleva a la clara necesidad de establecer áreas de conservación en estas zonas, incluyendo parques naturales y otras medidas de conservación basadas en áreas. (*Establecido pero incompleto*).

**5. Diversidad y potencialidad de los microorganismos.** Los hongos y bacterias juegan papeles ecológicos esenciales en el planeta y tienen un alto potencial biotecnológico, es decir, su aprovechamiento en los sectores industriales. La región Amazónica se caracteriza por tener suelos con un bajo nivel de fertilidad. La presencia de hongos descomponedores facilita el proceso de reciclaje de nutrientes, permite el sostenimiento de la vegetación y las dinámicas ecosistémicas como las conocemos. Por todas estas razones deben incluirse en los estudios de biodiversidad y de cambio climático en la región. (*Establecido pero incompleto*).

**6. Amplia riqueza en Biodiversidad.** Microorganismos, plantas, aves, mamíferos, reptiles, peces, insectos y otros invertebrados reúnen la mayor diversidad del planeta en un mismo bioma. La diversidad en la Amazonía se caracteriza por la cantidad de especies únicas, muy carismáticas o llamativas y endémicas. El número de especies conocidas para la Amazonía representa un porcentaje bajo del estimado que puede realmente existir en la región. Estas estimaciones son cada vez más inciertas a medida que los grupos se vuelven más diversos y proporcionalmente menos estudiados. (*Establecido pero incompleto*).

**7. La Amazonía azul.** La Evaluación Rápida aborda la Amazonía Azul desde una mirada integral geopolítica que considera, entre otros aspectos, su ubicación estratégica de conectividad Andes – Amazonía Verde – Océano Atlántico, así como su importancia económica, ecológica, y de soberanía, que necesita ser incorporada en los procesos de planificación, desde una visión integral de la Cuenca/Región Amazónica, que conecte los territorios marinos, costeros y terrestres. (*Establecido pero inconcluso*).

La Amazonía azul corresponde a la región de contacto entre el bioma amazónico y el Océano Atlántico que recibe la influencia de la descarga del río Amazonas y, a su vez, con su ciclo de mareas influye en la región estuarina de la cuenca del Amazonas, extendiéndose más de 400 km hacia el interior. Esta área de dinámica compleja tiene una importancia crucial en la comprensión de los ecosistemas amazónicos, no sólo por su importancia en relación con la producción pesquera, sino también por las interacciones atmosféricas y los servicios ecosistémicos que brindan los manglares que allí tienen presencia.

Además, esta zona alberga un contingente considerable de población tradicional regional con peculiares formas de aprovechamiento de la biodiversidad. Tanto la Amazonía Verde como la Azul se caracterizan por la diversidad y abundancia de recursos naturales que despiertan ambiciosos intereses económicos y ambientales a nivel internacional, generando conflictos entre la explotación de sus recursos, la preservación ambiental y la soberanía nacional.

Sin embargo, esta región ha sido desatendida en las políticas regionales para la conservación de la biodiversidad y merece mayor atención, tanto en el desarrollo del conocimiento como en las acciones afirmativas para la conservación de la biodiversidad (*Bien Establecido*).

**8. Restauración de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.** El 47% de la Amazonía se encuentra bajo algún tipo de presión humana por el uso diferenciado del suelo. La restauración de los paisajes forestales es una forma de restablecer las funciones ecológicas del bosque, la productividad de la tierra y de ampliar la oferta de productos forestales maderables y no maderables. También implica restablecer los servicios ecosistémicos, la conservación de la biodiversidad, generar trabajo e ingresos y brindar bienestar.

En el escenario post-COVID-19, la importancia de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos es aún mayor. El aprovechamiento económico sostenible de los bosques nativos y restaurados representa oportunidades para el desarrollo de innovaciones tecnológicas y cadenas productivas capaces de atraer capital privado y fortalecer la industria de la región, generando empleos e ingresos sin deforestar y degradar los bosques.

De hecho, la regeneración natural ha sido identificada como una estrategia importante y viable para escalar la restauración ecológica y contribuir al cumplimiento de los diversos acuerdos y compromisos internacionales asumidos por los Países Miembros de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA).

Por lo tanto, la permanencia de estas áreas con cobertura vegetal a partir de la regeneración natural y otras tecnologías de restauración es fundamental y debe ser asegurada por instrumentos legales. Sin embargo, es importante enfatizar que evitar la deforestación y la degradación forestal es más económico y efectivo en términos de conservación de la biodiversidad y mantenimiento de los servicios ecosistémicos. (*Bien Establecido*).

**9. Potencialidades económicas y culturales de la biodiversidad.** La Amazonía tiene un potencial extraordinario para el desarrollo de un nuevo sistema de vida, basado en los principios de la sostenibilidad social, económica y ecosistémica.

El nuevo concepto de bioeconomía no sólo incluye el desarrollo tecnológico basado en el aprovechamiento de productos de la biodiversidad para los sectores industriales, sino también, apunta a fortalecer la seguridad alimentaria, la producción sostenible, la valoración económica de la pluralidad cultural a través de la producción artístico-cultural y el desarrollo turístico conservacionista, a partir de la interiorización individual y difusión de modos de vida locales.

La investigación, el desarrollo tecnológico y el diálogo social parecen ser los pasos decisivos para esta transición. Los mecanismos de control social que inhiban las prácticas ilegales y adversas al uso económico sostenible de la biodiversidad son fundamentales para el surgimiento de un nuevo modelo bioeconómico.

El uso depredador del bosque y la ilegalidad no pueden ser los principales competidores en el mercado regional. El comercio y la distribución justa de beneficios, aliados a los mecanismos de valoración y pago de servicios, constituyen el camino seguro para una transición a la bioeconomía con el máximo aprovechamiento del potencial de la biodiversidad amazónica (*Establecido pero incompleto*).

**10. Organización del conocimiento.** La inversión y asignación de recursos en docencia e investigación para el bioma en todos los Países Miembros de la OTCA han sido incipientes y desproporcionadas con relación a la biodiversidad representada regionalmente. La consecuencia inmediata es el gran vacío de información para la mayoría de los grupos biológicos. Como consecuencias adicionales, se encuentran la falta de comprensión de los procesos socioculturales regionales y locales y la falta de subsidios para la comprensión de los procesos que determinan los servicios ecosistémicos esenciales que brinda el bioma.

Los vacíos de información son enormes y afectan todas las áreas del conocimiento. La falta de sistematización y síntesis del conocimiento acumulado representa un vacío aún mayor e impide la construcción de una visión más holística de la Amazonía y su dinámica biocultural. El aislamiento y la falta de diálogo científico-académico se convierten en agravantes de este escenario.

Sin conocer bien su biodiversidad, su gente y su cultura, la Amazonía se enfrenta a la mayor crisis de extinción de todas las eras geológicas jamás registradas, la crisis del Antropoceno, entendida como una propuesta de los científicos de un nuevo periodo geológico debido al impacto global que han tenido las actividades humanas sobre los ecosistemas.

Por lo tanto, invertir en la reducción de las brechas de conocimiento sobre la Amazonía se convierte en un elemento crucial para sostener políticas adecuadas para enfrentar los desafíos de esta era.

Un programa de repatriación de información sobre la biodiversidad amazónica es urgente y fundamental para recuperar y traer de vuelta datos, conocimientos y materiales científicos que aún se encuentran en instituciones, colecciones o bases de datos fuera de la región y requieren ser incorporados al desarrollar políticas públicas acordes con la realidad actual de la Amazonía.

Sin un adecuado inventario y programa de monitoreo de la biodiversidad amazónica, no es posible estimar la velocidad y magnitud de la pérdida de biodiversidad en la región y, en consecuencia, diseñar políticas efectivas para su conservación.

Un programa de armonización de plataformas, integración de datos e intenso intercambio científico-académico, es necesario para construir una política coherente que defienda el bosque y sus pueblos. De esta manera, los gobiernos, la sociedad civil y el sector privado necesitan apoyar con firmeza y decisión la superación de las brechas de conocimiento en la Amazonía.

El fortalecimiento de los mecanismos de ciencia ciudadana, en consonancia con el aumento sustancial de las inversiones en infraestructura de investigación y promoción del recurso humano y la organización de un sistema integrado de gestión de la información, son formas seguras de superar estos desafíos. (*Establecido pero incompleto*). Los proyectos de ciencia ciudadana generan la colaboración entre científicos y ciudadanos comunes para recopilar información en distintos lugares. La ciencia ciudadana genera la participación social, promueve la educación científica y permite apoyar diversas investigaciones.

## 2.1 Marco Conceptual

La Cuenca/Región Amazónica se encuentra biogeográficamente dentro del Bioma Amazónico, con predominancia del bosque húmedo tropical con alta humedad y densidad de plantas y biodiversidad, abrigando la mayor biodiversidad del planeta con 60 mil especies entre plantas, mamíferos, reptiles, invertebrados, anfibios y aves.

La biodiversidad de la Amazonía juega un papel clave en la regulación de la temperatura del planeta y de las precipitaciones en otras regiones de Brasil (Flach *et al.*, 2021), uno de los mayores países productores del mundo, que alimenta al 8% de la población mundial (Contini & Aragão, 2021).

Debido a la gran extensión, varios países comparten esta importante región: Bolivia (43% del país), Brasil (49,3 % del país), Colombia (44 % del país), Ecuador (48% del país), Perú (60% del país), Guyana (100% del país), Suriname (100% del país), Venezuela (50% del país) y un territorio de ultramar, la Guayana Francesa (100% del territorio), que no es País Miembro de la OTCA.

### 2.1.1 Historia Arqueológica de la Amazonía y su relación con la Biodiversidad

Uno de los cambios más importantes en la Cuenca/Región Amazónica realizado por los habitantes precolombinos es la creación de suelos antropogénicos amazónicos, llamados también Terras Pretas o Suelos Negros Antropogénicos (*Amazonian Dark Earths*).

Se estima que alrededor de un 3% de toda la cuenca Amazónica está cubierta por suelos antropogénicos (McMichael *et al.*, 2014). Estos suelos aparecen a lo largo y ancho de la cuenca como islas de suelos negros y fértiles en medio de los suelos naturales ácidos y de baja fertilidad (Kern *et al.*, 2017). Una de las características más importantes es que estos suelos fueron creados entre 500 a 2500 años antes del presente (Neves *et al.*, 2003), y aún mantienen su fertilidad (Glaser & Birk, 2012), algo que se creía no era posible mantener en los suelos tropicales.

Por ello, la Amazonía es uno de los depósitos más importantes de carbono en el suelo (Alho *et al.*, 2019), pues parte de éste se encuentra en forma de carbono recalcitrante. Estos suelos antropogénicos contienen una biología particular (Demetrio *et al.*, 2020), e inspiraron el desarrollo y uso del biochar como alternativa para mejorar los suelos agrícolas modernos (Lehmann *et al.*, 2011). Esto porque el biochar es un material compuesto principalmente de carbono, residuos forestales, agrícolas y estiércol, que también facilita la productividad de los cultivos, entre otros.

Estos suelos también han sido asociados a procesos de domesticación de plantas en la Amazonía (Clement *et al.*, 2015), incluyendo la yuca (*Manihot esculenta Crantz*) (Arroyo-Kalin, 2010), por lo que se ha plantado la idea que la cuenca Amazónica no es un ecosistema exclusivamente natural, sino que es un ecosistema domesticado (Clement *et al.*, 2015). Más cuando los inventarios florísticos indican que hasta un 84% de las especies del bosque Amazónico, son plantas útiles para el hombre (Coelho *et al.*, 2021, Levis *et al.*, 2017).

## 2.2 El Ecosistema Amazónico

El ecosistema Amazónico es importante por la capacidad de regular el clima regional; ser la mayor cuenca hidrográfica del mundo; suministrar importantes servicios ecosistémicos, como la remoción de contaminantes del aire, albergar el hábitat de la fauna y la flora silvestre y ser el principal reservorio de carbono terrestre.

A pesar de esta unidad funcional, el Bioma Amazónico se expresa en una multiplicidad de ecosistemas, fito-fisonomías, es decir, que se basan en las características externas visibles de las plantas, como su altura, forma, densidad, entre otras, ecorregiones o unidades espaciales más grandes que un ecosistema individual pero más pequeñas que un bioma, y áreas de endemismo que, de manera integrada, conforman lo que se reconoce como Amazonía.

Para simplificar la comprensión de esta enorme multiplicidad y complejidad, en este estudio abordamos el ecosistema amazónico desde la perspectiva de la cuenca, entendiendo que esta es una unidad ecológicamente funcional y una importante herramienta de gestión, y destacaremos los sistemas urbanos por su creciente importancia en la Amazonía del Antropoceno.

La Región Amazónica cuenta con una gran cantidad de ecosistemas interconectando ambientes terrestres y acuáticos, con diferente composición de comunidades vegetales. Cerca del 80.25% de las ecorregiones están asociadas a bosques húmedos tropicales, lo cual representa aproximadamente 6,3 millones de km<sup>2</sup> del total de la Región, considerada Bioma Amazónico, lo que abarca más del 95% de la porción amazónica que poseen los Países Miembros de la OTCA (ver Capítulo 1).

### Box 2.2.1 Ecosistemas Amazónicos de Suriname



Reserva Natural de Suriname Central

Fuente: De Jan Willem Broekema from Leiden, The Netherlands - Morning fog, CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=81166419>

Como ejemplo de la diversidad de ecosistemas de los Países Miembros de la OTCA, se encuentra Suriname, que está dividido en una región montañosa y una zona costera. La región montañosa cubre alrededor del 80% del país y consiste en roca precámbrica que hace parte del escudo Guayanés, la formación rocosa más antigua del mundo, y la zona costera está formada por la llanura costera joven, la llanura costera antigua y la formación Zanderij (Jonkers, 1987, Noordam, 1993, Mohren & van Kanten, 2011).

Suriname está drenado por siete ríos principales hacia el Océano Atlántico, siendo los ríos Marowijne y Corantijn los que representan las mayores descargas en m<sup>3</sup>/s. Adicionalmente, en Suriname existen cuatro tipologías de paisajes ecológicos que se pueden distinguir en la zona costera de Suriname, a saber: los humedales salobres con bosques de manglares; los humedales de agua dulce; las áreas cultivadas, y los humedales y zonas pantanosas en las tierras altas del interior (Teunissen, 1988).

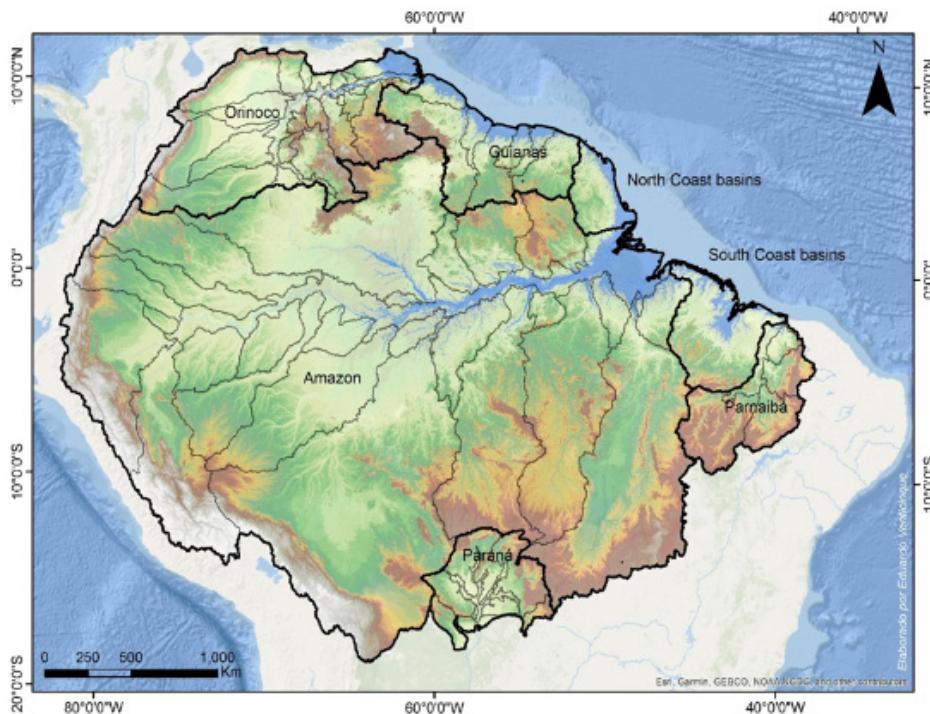
La cuenca Amazónica es la mayor cuenca hidrográfica del planeta, contribuyendo con el 17% del flujo de agua dulce a los océanos del mundo (Filizola y Guyot, 2009, Latrubblesse *et al.*, 2005). Su principal río, el Amazonas, con una longitud de 7.062 km y un caudal promedio de 225.000 m<sup>3</sup>/s, es el más largo y caudaloso del mundo. Cuenta con dos de sus principales ríos afluentes, el Madeira y el Negro, dentro de los diez mayores ríos del mundo, y la mayor planicie aluvial continua (área plana o ligeramente inclinada que se forma a lo largo de los márgenes de un río) que abarca más de 1 millón de km<sup>2</sup> (Junk *et al.*, 2011, Latrubblesse, 2015).

De acuerdo con criterios unificados, la Región Amazónica comprende un área de 7.918.682,31 km<sup>2</sup> en tanto que la cuenca del río Amazonas estrictamente hablando, cubre un área de 6.118.000 km<sup>2</sup> (OTCA & CIIFEN, 2021). Asimismo, comprende el 44% de la superficie de América del Sur y alberga la selva tropical contigua más grande del mundo, con precipitaciones mayores a 2.000 mm por año.

Su área ocupa el 67,8% del territorio de Brasil, Perú (9,9%), Colombia (5,5%), Venezuela (2,4%), Bolivia (7,9%), Guyana (2,8%), Surinam (1,9%), y Ecuador (1,7%).

El canal principal Solimões-Amazonas, con una longitud de 7.062 km, fluye en sentido Oeste-Este desde su nacimiento en la cordillera de los Andes, a una altitud 5.822 m en la quebrada Apache-ta (Perú), hasta su desembocadura en el océano Atlántico en un amplio estuario con 240 km de ancho. Cubre un área de 6,3 millones de km<sup>2</sup>, y cuando se incluye la cuenca del Tocantins y áreas costeras estuarinas, el área total es de 7,287 millones de km<sup>2</sup>.

En la cuenca del Amazonas se definen 38 subcuenca, algunas de ellas con territorios interfronterizos, según la clasificación de tercer nivel que delimita las principales cuencas tributarias del Amazonas mayores a 100.000 km<sup>2</sup>, cuyas aguas desembocan directamente o no al río Amazonas; aquellos que fluyen directamente en el canal principal y presentan áreas entre 100.000 y 10.000 km<sup>2</sup>; y el cauce principal del río Amazonas, que consiste en las aguas abiertas, sus zonas inundables y pequeñas cuencas tributarias adyacentes (Figura 2.1), (Venticinque *et al.*, 2021).



**Figura 2.1** Clasificación de la cuenca del Amazonas a escala de tercer nivel y cuencas costeras adyacentes  
**Fuente:** Venticinque et al., 2021.

La cuenca Amazónica está dividida en cuatro zonas:

- 1. Cuenca del alto río Amazonas.** Está formada por planicies que van desde el piedemonte de los Andes, al este y nordeste, hasta la confluencia con el río Negro. La mayoría de estos ríos tienen cabecera en los Andes, cargan gran cantidad de sedimentos, tornando sus aguas turbias, que al llegar a tierras bajas forman bancos de arenas donde se forman meandros, es decir, curvas acentuadas que describen los ríos. Los ríos Juruá y Purús son los más importantes por sus meandros y lagos de herradura (*oxbow lakes*).
- 2. Cuenca del medio río Amazonas.** Esta parte es relativamente recta y estrecha y está situada entre los escudos precámbricos en el territorio de las Guayanás, al norte, y el escudo de Brasil central, al sur. Esta sección se extiende desde la confluencia del río Negro hasta el río Xingú. Los cursos inferiores de los tributarios forman lagos de río.
- 3. Cuenca del bajo río Amazonas.** Es la parte más baja y oriental, donde se encuentra el estuario o delta del río Amazonas. Caracterizada por presentar varios brazos que fluyen entre islas aluviales o masas de tierra en medio de ríos, dominado por las mareas que provocan inundaciones dos veces por día. Solamente, en el límite más extremo del estuario se encuentran manglares y agua salobre.

Esta inmensa región se conoce como Amazonía Verde, en referencia a la vasta región forestal que abriga abundancia de recursos naturales. Su interés sobresalió en el siglo XX por los estudios de investigación realizados en esta época, destacando la necesidad de la integración de la región entre todos los países que la conforman, creándose el concepto de Pan-Amazónia con el fin de desarrollar la región, hecho que se concretó en 1978, con la firma del Tratado de Cooperación Amazónica (TCA), (Santana, 2017).

**4. La Amazonía Azul.** Dada su importancia ecológica, por la conectividad estratégica desde los Andes pasando por la Amazonía verde hasta el Atlántico, también económica y de soberanía necesita ser incorporada en los procesos de planificación, desde una visión integral de la Cuenca/Región Amazónica, que conecte los territorios terrestres con los marinos y costeros.

La Amazonía Azul también hace referencia a la extensión brasileña en el Atlántico, que corresponde a cerca de la mitad de la superficie de Brasil, conocida como la Zona Económica Exclusiva (ZEE) brasileña, con límite exterior de 200 millas náuticas y un área oceánica de 3,54 millones de km<sup>2</sup>. Esta área junto con los 920 mil km<sup>2</sup> de plataforma continental (PC) constituye un área total de 4,5 millones de km<sup>2</sup>. Esta extensa área oceánica equivale al 52% del área continental brasileña (Santana, 2017, de Oliveira & Aversa, 2019) (Figura 2.2).



**Figura 2.2** Amazonía azul

Fuente: (Gomes, V. & Saldanha-Corrêa, F., 2021).

Características de sus aguas. Los ríos amazónicos son diferentes por su morfología y origen de sus cursos, también por las propiedades físicas y químicas de sus aguas, las cuales están caracterizadas en tres tipos: aguas blancas, negras y claras (Gupta, 2011).

Los ríos de agua blanca originados en los Andes son de color marrón turbio, debido a la gran cantidad de sedimento que transportan, proveniente de las montañas andinas (Aliaga-Rossel 2002). Sus zonas inundables, llamadas várzeas, son altamente fértiles y productivas. Ejemplos: ríos Marañón, Ucayali, Japurá, Juruá, Madeira, Mamoré, Purús, Putumayo-Içá, Caquetá-Japurá, Solimões-Amazonas y tributarios cuyas cabeceras se encuentran en los Andes (Figura 2.3).



**Figura 2.3 Río de aguas blancas**

**Foto:** Michael Goulding

Los ríos de aguas negras se originan en los escudos cristalinos del precámbrico, ubicados al norte o al sur del canal principal del río Amazonas, conocido como el Escudo Guayanés, que comprende las Guyanas y Brasil. Sus aguas se caracterizan por el color marrón rojizo o color té debido a que las hojas que caen no están completamente descompuestas, lo que hace que sean altamente ácidas, y son aguas pobres en nutrientes, por lo tanto, con baja productividad. Cuando sus aguas drenan las planicies inundables se forma el ecosistema conocido como igapó. Ejemplos: ríos Negro, Apaporis, Urubú y pequeños tributarios de cabecera ubicados en suelos arenosos (Figura 2.4).



**Figura 2.4** Río de aguas negras, río Negro

Foto: Luiz Cláudio Marigo

Los ríos de aguas claras también se originan en los escudos de Guyana y Brasil, por lo tanto, cargan poco sedimento, esto hace que sus aguas sean transparentes y ligeramente ácidas. Las planicies que drenan este tipo de aguas tienen fertilidad intermedia y son también conocidas como igapós. Ejemplos: ríos Branco, Trombetas, Juruena-Tapajós, Xingu, Paru, Jari, Araguari y ríos de cabecera de los Andes superiores a 400 metros sobre el nivel del mar (msnm), cuyas aguas claras fluyen en algunas épocas del año y también pequeños ríos que que se originan en tierras bajas menores a 300 msnm (Figura 2.5).



**Figura 2.5** Río de aguas claras, río Tapajós

Foto: Michael Goulding

## 2.2.1 Ecosistemas Urbanos

Gran parte de los estudios sobre biodiversidad se centran en ecosistemas naturales y olvidan aquellos creados por el hombre (Melles, 2005). Actualmente, más de la mitad de la población mundial vive en ciudades, estimándose que el 68% de la población se volverá urbana para el 2050 (Glausiusz, 2022), lo que afectará significativamente la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. A pesar de esto, se pueden encontrar menos de 20 estudios asociados con los efectos directos e indirectos de la urbanización sobre la biodiversidad en toda el área de la Amazonía Legal (McDonald *et al.*, 2020).

El desarrollo urbano constituye uno de los fenómenos de perturbación antropogénica de los ecosistemas más preocupante, pues sus efectos se prolongan en el tiempo y en el espacio casi ilimitadamente (McKinney, 2002, Alberti *et al.*, 2003). Este escenario exige el planteamiento de estrategias de conservación de los bosques tropicales y amazónicos, así como también del manejo y planeación de los sistemas ganaderos, agrícolas y urbanos en los países tropicales (Pimentel *et al.*, 1992, Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors, 2009, Domínguez-López y Ortega-Álvarez, 2014).

La urbanización representa un caso extremo en el espectro de usos del suelo modificados por el hombre (Sodhi y Ehrlich, 2010). A diferencia de otras formas de modificación del hábitat, la urbanización a menudo reemplaza irreversiblemente los hábitats naturales, lo que genera impactos a largo plazo para las especies nativas (Stein *et al.*, 2000). El proceso de urbanización y los paisajes urbanos son tanto un desafío como una oportunidad para gestionar los servicios de los ecosistemas a nivel mundial, y las ciudades ofrecen oportunidades únicas para el aprendizaje y la educación sobre un futuro resiliente y sostenible.

Básicamente, dentro de un conjunto urbano es posible reconocer dos elementos importantes para el mantenimiento de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: los espacios azules y los espacios verdes. Los espacios azules son componentes acuáticos urbanos como lagos, charcos, ríos, arroyos y canales (Ampatzidis y Kershaw, 2020). Los espacios verdes comprenden una gama de elementos estructurales de la ciudad, que pueden ser naturales o seminaturales, tales como parques, plazas, terrenos baldíos, cementerios, arbolado de calles, jardines, entre otros (Rupprecht y Byrne, 2014).

Diversos estudios han demostrado los beneficios de los espacios verdes urbanos para la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que brinda, así como el impacto positivo en el bienestar y la salud de la población (Mullaney *et al.*, 2015). Sin embargo, la relación entre el verde de la ciudad y la biodiversidad y el hombre es compleja y depende del contexto (Filizola *et al.*, 2011).

En el caso de las ciudades tropicales y el ecosistema amazónico, se han diseñado muy pocos estudios para comprender el escenario de los grandes centros urbanos dentro del bosque tropical más grande del mundo (McDonald *et al.*, 2020). En Brasil, las inversiones en investigación en ecología urbana se concentran en la región sudeste con estimaciones de apenas cerca de 40 estudios.

## 2.3 Riqueza y Conservación de los Grupos Taxonómicos

La Amazonía posee una alta y excepcional diversidad de microorganismos, plantas, aves, mamíferos, reptiles, peces, insectos y otros invertebrados que reúnen el mayor número de especies del planeta en un mismo bioma. (*Bien establecido*). La megadiversidad significa la gran cantidad y variedad de especies vegetales, animales y ecosistemas, que hay en un país o región. En la Cuenca/Región Amazónica esta megadiversidad, además de albergar la diversidad biológica, abarca diferentes tipos de sociedades, culturas y paisajes que se interconectan. El concepto se originó en el Centro de Monitoreo de la Conservación del Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, cuyo fin es promover el cuidado y la protección de los territorios megadiversos, ya que concentran una importante riqueza natural que no se encuentra en otros lugares.

Sólo 17 países del mundo fueron clasificados como megadiversos porque poseen cerca del 70% de la diversidad mundial, varios son Países Miembros de la OTCA.

La Amazonía también es reconocida como un área rica en términos de área y biodiversidad (Malhi *et al.*, 2008). Se estima que, hasta la fecha miles de especies aún no han sido descubiertas ni descritas, por lo que el conocimiento presentado en esta sección es parte del conocimiento y esfuerzo individual que se ha realizado hasta el momento. Por otro lado, el gran endemismo de algunas especies documentadas hace de esta región un territorio único. Existen numerosos estudios que se enfocan especialmente en grupos de vertebrados grandes.

Además, toda esta biodiversidad es el sustento, la medicina y la cultura, forma parte de los modos de vida de los pueblos indígenas, las comunidades locales y otras tribales, que viven ancestralmente en este ecosistema. Esta biodiversidad garantiza la soberanía y la seguridad alimentaria de los pueblos nativos y originarios (Ver Capítulos 3 y 4). Sin embargo, a pesar de esta importancia, muchas especies se encuentran en peligro de extinción o con poblaciones seriamente amenazadas, o con el conocimiento aún incipiente de muchos grupos.

### 2.3.1 Bacterias

Las bacterias son organismos microscópicos (0,5 y 5  $\mu\text{m}$  de longitud), son procariotas (sin núcleo definido). Generalmente dentro de las bacterias se consideran también las arqueas, un gran grupo de microorganismos unicelulares. Sin embargo, estas últimas son ahora consideradas un

reino aparte y por tener una baja representatividad (menor al 10% de la comunidad bacteriana), en este capítulo no se profundizará sobre su diversidad. Podríamos decir que no existe lugar, material u organismo sin bacterias.

Se estima que hay aproximadamente  $5 \times 10^{30}$  unidades taxonómicas de bacterias en el mundo (Whitman *et al.*, 1998). La mayoría de ellas imposibles de ser aisladas en los laboratorios. Por esa razón, en los últimos 20 años, la mayoría de los estudios de diversidad bacteriana se basan en el uso de técnicas moleculares, las cuales evidencian la existencia de bacterias, independientemente si estas pueden o no ser aisladas en un laboratorio. Sin embargo, solamente es posible hacer comparaciones entre resultados que fueron obtenidos usando los mismos cebadores y técnicas de secuenciación, por lo que en el presente capítulo no es posible hacer comparaciones de abundancias entre ecosistemas.

Si comparamos el conocimiento que existe sobre las bacterias en otras regiones del mundo (como Eurasia, el área continental más grande del planeta, por ejemplo), encontramos que la región Amazónica sigue siendo aún muy desconocida. Claramente, la Amazonía brasileña es la porción de la cuenca Amazónica con más información sobre la diversidad de bacterias en la región, aunque existen algunos estudios en Colombia, Ecuador y Perú.

La región Amazónica es altitudinalmente heterogénea: desde el nivel del mar Atlántico hasta los 1.000 metros de altura en la zona de transición Andino-amazónica. Existe una mayor diversidad en los suelos amazónicos bajos, que en los de la transición Andino-Amazónica (Nottingham *et al.*, 2018).

Los suelos de la cuenca Amazónica en su gran mayoría se caracterizan por ser suelos muy antiguos, con alta acidez y una limitada fertilidad que se traduce en una baja disponibilidad de nutrientes para las plantas. Sin embargo, también existen suelos muy fértiles como los denominados *Terras Pretas* (del portugués, TP) o suelos negros antropogénicos (Glaser y Birk, 2012), caracterizados por una mayor fertilidad y menor acidez. Estos últimos de origen humano, fueron creados en la época prehispánica gracias a la actividad de los antiguos pobladores de la región (Silva *et al.*, 2021, Lombardo *et al.*, 2022). En todos, las bacterias juegan un rol importante al ser el último eslabón en la cadena de transformación de la materia orgánica en moléculas asimilables por las plantas.

En biología hay ocho categorías taxonómicas principales para estudiar a los seres vivos: Dominio, Reino, Filo o división, Clase, Orden, Familia, Género, Especie. La clasificación taxonómica es una forma de organizar y categorizar a los seres vivos en diferentes grupos según sus características y permite comprender la diversidad de los organismos vivos. (En inglés se usa Fila (como plural de Filo) para referirse a varios grupos/clases/géneros, pero en español se usa Filo o filo, y filos para más de un grupo).

En los suelos amazónicos, las bacterias del filo *Proteobacteria* son siempre las más abundantes (entre 18 y 60% de la comunidad total), seguido por las bacterias de los filos *Acidobacteria* (entre 15 y 39%) y *Actinobacteria* (entre 6 y 24%) (Buscardo *et al.*, 2018, Cardona *et al.*, 2021, Fonseca *et al.*, 2018, Jesus *et al.*, 2009, Merloti *et al.*, 2019). Estos filos de bacterias participan en el ciclo de carbono y nitrógeno del suelo (Faoro *et al.*, 2010, Kielak *et al.*, 2016).

También hacen parte de los suelos amazónicos las bacterias de los filos *Firmicutes* (entre el 2 y 13%), *Chloroflexi* (menos del 11%), *Bacteroidetes* (entre 2 y 8%), *Planctomycetes* (menos del 6%), *Verrucomicrobia* (menos del 4%), *Gemmatimonadetes* (menos del 2%), y *Nitrospirae* (menos del 1%). Dentro de los filos *Proteobacteria*, las clases Alfa- (entre 29 y 67%), Beta- (entre 10 y 24%), Gamma- (entre 5 y 32%) y Delta-proteobacteria (entre 7 y 13%), son las clases de bacterias más frecuentes (Buscardo *et al.*, 2018, Mendes y Tsai 2018, Merloti *et al.*, 2019).

Al comparar las comunidades de bacterias de los suelos naturales con aquellas de los suelos antropogénicos, fértiles, también designados como *Terras Pretas* (TP, sigla en portugués, Tierras Negras, en español), se observa que la composición de los filos es similar, pero las TP son 25% más ricas en especies de bacterias que los suelos naturales (Kim *et al.*, 2007). Este mismo patrón de cambio en las comunidades bacterianas del suelo, se observa en los actuales disturbios asociados a actividades antrópicas en la región, que implican modificaciones en el ecosistema.

La transformación del bosque amazónico en áreas de producción agrícola o pastos para ganadería aumenta la diversidad de bacterias (Jesus *et al.*, 2009, Merloti *et al.*, 2019) y la biomasa microbiana en los suelos entre un 26% y un 38 % (Cenciani *et al.*, 2009). Adicionalmente, la composición de la comunidad bacteriana cambia. Las bacterias de los filos *Acidobacteria* suelen disminuir luego que el bosque es transformado en zonas de cultivo o pasturas (Jesus *et al.*, 2009, Mendes *et al.*, 2015, Rodrigues *et al.*, 2013), mientras que los filos *Firmicutes* (Jesus *et al.*, 2009, Mendes *et al.*, 2015) y *Verrucomicrobia* aumenta en las zonas más disturbadas o alteradas, siendo abundantes en suelos bajo pastos (Ranjan *et al.*, 2015).

Igualmente, se ha encontrado que los suelos contaminados por petróleo, por ejemplo, presentan un mayor número de *Proteobacterias* que de *Acidobacterias*, y que los filos como *Chloroflexi*, *Cyanobacteria*, *Nitropirae* y *Planctomyces*, disminuyen con la contaminación (Barragán *et al.*, 2008).

Uno de los procesos más importantes que ocurren en los suelos y que es mediado por las bacterias es la fijación del nitrógeno atmosférico. Esta facultad de algunos grupos bacterianos posibilita que los suelos sean fertilizados de forma natural, a partir del abundante nitrógeno que existe en el aire y que luego es depositado en el suelo. Se ha encontrado que el género que más fija ni-

trógeno en el suelo de forma simbiótica es *Bradyrhizobium* (70% de los aislamientos obtenidos). También han sido aislados otros géneros como *Acinetobacter*, *Azorhizobium*, *Bacillus*, *Bosea*, *Burkholderia*, *Dyella*, *Enterobacter*, *Frateuria*, *Mezorhizobium*, *Ochrobactrum*, *Paenibacillus*, *Pandoraea*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, y *Stenotrophomonas* (Jaramillo et al., 2013, Mantilla, 2008).

Otra característica que aumenta la heterogeneidad de los suelos amazónicos es el pulso de inundación al que se ven expuestos periódicamente. Los suelos inundables (como las várzeas e igapós) son suelos inundados periódicamente por pulsos de agua de los ríos principales o sus tributarios. Los suelos no inundables son aquellos que nunca sufren de inundaciones periódicas y son denominados en general, como tierra firme.

Se ha encontrado que la condición anfibia de los suelos inundables hace que tengan una alta diversidad de bacterias, donde los filos más importantes son *Actinobacteria*, *Cyanobacteria* y *Planctomycetes*. Allí también se ha podido encontrar un gran número de bacterias nuevas antes no reportadas (Câmara dos Reis et al., 2019).

En general, se puede concluir que hay avances en el conocimiento general de las bacterias que habitan los diferentes ambientes amazónicos a partir de algunos estudios puntuales en la región. Aunque se han encontrado evidencias que dan cuenta de la diversidad en la Amazonía, es necesario realizar más estudios para determinar si esta se repite en toda la región o si hay variaciones relacionadas con la biogeografía, las coberturas o el uso del suelo.

Por otra parte, es poco lo que se conoce de la ecología y metabolismo de los diferentes grupos de bacterias de la región y su potencial como insumo biotecnológico para un desarrollo sostenible.

#### **Box 2.3.1.1 Bacterias que Habitán las Hojas de los Árboles en la Amazonía**

El hábitat que proporcionan las hojas de los árboles se denomina filosfera. La filosfera es uno de los más importantes microhábitats de los bosques Amazónicos, dado el gran número de plantas que lo constituyen. Las comunidades bacterianas que allí habitan están influenciadas tanto por la composición de plantas del bosque y sus patrones metabólicos y fisiológicos particulares, así como por factores medioambientales como la radiación solar, temperatura, evo-transpiración o evapotranspiración y humedad del ambiente (Moreira, 2018).

### **Box 2.3.1.2 Bacterias que Aabitán el Río Amazonas y sus Tributarios**

El recorrido del río Amazonas incluye un cambio en el gradiente de salinidad de sus aguas. En las zonas altas hay poca salinidad, mientras que entre más se acerca a la desembocadura en el océano Atlántico, más salinidad contendrán sus aguas. Las bacterias que habitan los cuerpos de agua natural se denominan bacteriplancton, y están asociados a los niveles de la cadena alimentaria o trófica más bajos, así como a la descomposición de la materia orgánica. Al igual que en todos los ríos del mundo, los filos *Actinobacteria* dominan las aguas del río Amazonas, representando el 26% de toda la comunidad bacteriana (Doherty *et al.*, 2017).

### **Box 2.3.1.3 Bacterias que Habitán el Aire**

El aire, aun cuando no puede considerarse como un nicho donde viva de forma permanente algún organismo, es más un medio de propagación y transporte de muchos microorganismos terrestres y acuáticos para llegar a nuevos nichos y huéspedes. En el aire de la Cuenca/Región Amazónica se encuentra una diversa comunidad de bacterias, la cual varía de acuerdo con los regímenes de lluvias y temporadas secas, que hacen que varíe la temperatura y la humedad de la región (Souza *et al.*, 2021).

### **Box 2.3.1.4 Bacterias en los Pobladores Amazónicos**

La diversidad bacteriana de la región Amazónica ha influenciado también la flora bacteriana que habita en sus pobladores dado los alimentos que consumen, el suelo que trabajan, el agua que usan y el aire que respiran. Se ha encontrado que los pobladores de los interiores amazónicos tienen una flora intestinal diferente a la de los pobladores urbanos. Los pobladores amazónicos tienen un mayor número de bacterias de los filos *Firmicutes* y menor número de bacterias de los filos *Bacteroidetes*, que los pobladores de ciudades como Río de Janeiro. En el tracto digestivo de pobladores amazónicos se encuentran géneros como *Prevotella*, *Dialister*, y géneros indeterminados de las familias *Ruminococcaceae* y *Succinivibrionaceae*. Algunos de estos géneros también son comunes en el tracto digestivo de otros pobladores indígenas de la región y de poblaciones cazadoras-recolectoras de África (Pires *et al.*, 2019).

### 2.3.2 Hongos

En este apartado se clasifican los hongos, a nivel regional y se presentan elementos de interés en cuanto al conocimiento existente sobre la diversidad, ecología y distribución de diferentes grupos de hongos en la región Amazónica. Además, se tendrá en cuenta el uso y los principales aspectos sobre la conservación de los hongos, dado por los pueblos indígenas de la Cuenca/Región Amazónica.

Los hongos constituyen uno de los grupos más diversos de organismos eucariotas, es decir poseen células con núcleo definido y material genético (ADN), superados sólo por los insectos. Se estima que existen en el mundo entre 2,2 y 3,8 millones de especies de hongos, donde los ecosistemas tropicales tienen una mayor diversidad y también de endemismos (Tedersoo *et al.*, 2014). Estos conforman el reino Fungi, clasificados como organismos diversos en su morfología, incluyendo organismos unicelulares (como las levaduras y algunos mohos), hasta organismos de gran tamaño observables a simple vista como las setas.

Su principal función en los ecosistemas es la descomposición de la materia orgánica, incluyendo componentes complejos como la celulosa y la lignina (sustancia orgánica de las plantas), reciclando los nutrientes y devolviéndolos al suelo para que sean aprovechados por otros organismos.

También existen grupos importantes de hongos que establecen simbiosis (relaciones benéficas) con otros organismos, formando líquenes y micorrizas, es decir, esa asociación entre los hongos y las raíces de las plantas, donde los hongos ayudan a las plantas a absorber los nutrientes del suelo y ellas les dan energía mediante los carbohidratos a los hongos.

Sin embargo, algunos de ellos son también patógenos para otros organismos. Poseen una amplia diversidad de enzimas y rutas metabólicas, por cuanto son uno de los principales grupos microbianos estudiados con fines biotecnológicos (Heyde *et al.*, 2019).

De todos los microorganismos, los hongos han sido el grupo más estudiado en la Cuenca/Región Amazónica. Existe un mayor número de trabajos de Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Los hongos se han estudiado en ambientes naturales e intervenidos (suelo, hojas o filosfera, y animales como hormigas y murciélagos), así como hongos simbiontes (formadores de micorrizas) y endófitos, es decir, asociados a especies de plantas amazónicas de interés.

No obstante, la mayoría de los trabajos sobre la Funga o conjunto de especies de hongos presentes en un lugar, en este caso en la Amazonía han sido puntuales, por lo que su comparación y análisis es limitado y el conocimiento que tenemos de la riqueza y distribución de los hongos en el vasto territorio amazónico es aún incipiente.

Considerando el número total de especies de plantas vasculares reportadas para la Amazonía que son 14.000 (Cardoso *et al.*, 2017) y las proporciones propuestas del número de especies de hongos por especies de plantas, la cual varía entre 6:1 y 10:1 (Hawksworth y Lucking, 2017), se estima que para la Amazonía existirían entre 84.000 y 140.000 especies de hongos, lo que significa que hoy en día conocemos menos del 1% de la Funga Amazónica. Los trabajos sobre diversidad y endemismo de hongos de suelo han mostrado además a la Amazonía como un *hotspot* o punto crítico de biodiversidad (Tedersoo *et al.*, 2014, 2022), lo que es un llamado de atención sobre especies no descritas que esperan ser descubiertas en la vasta región Amazónica.

#### **Box 2.3.2.1 Conocimiento de Hongos de los Ecosistemas Amazónicos**

El conocimiento que tenemos de la riqueza y distribución de los hongos tropicales es aún incipiente y segregado a algunos ecosistemas o sitios de fácil acceso, y a ciertos grupos de hongos, donde además el conocimiento de la ecología y el estado de sus poblaciones es altamente fragmentado. El interés por el estudio de los hongos en la Amazonía se remonta al siglo XIX, con los trabajos del micólogo inglés Miles Joseph Berkeley (1856, 1874), y las colecciones realizadas por el botánico francés René Leprieur en la Guayana Francesa entre 1935 y 1849.

A partir de ese momento, se han realizado numerosos estudios documentando la Funga de la región Amazónica, enfocados en grupos puntuales y en zonas usualmente cercanas a las zonas pobladas o reservas naturales, pero en general la mayoría de la región se encuentra inexplorada (ejemplo: Trierweiler-Pereira *et al.*, 2009, Gibertoni *et al.*, 2016, Vasco-Palacios *et al.*, 2009, Sanjuan *et al.*, 2015, López-Quintero *et al.*, 2012). El conocimiento de los hongos en la vasta y diversa región Amazónica es fragmentario y cambia considerablemente entre los países de la región, conforme se presenta en la Tabla 2.1.

Filo	Brasil	Colombia	Guayana Francesa	Guyana	Perú	Suriname	Venezuela	Total general
<i>Ascomycota</i>	2029/ 739	851/ 396	3164/974	8888/ 1504	8888/ 1504	347/101	529/ 279	16066/ 3065
<i>Basidiomycota</i>	3288/ 577	136/73	7374/680	1578/ 335	1578/ 335	77/47	406/ 220	12911/ 1612
<i>Blastocladiomy-cota</i>						1/1		1/1
<i>Chytridiomy-cota</i>			1/1					1/1
<i>Entomo-phthoromycotina</i>		2/1		1/1	1/1			3/1
<i>Glomeromycota</i>	1/1	582/1	709/1					1292/3
<i>Zygomycota</i>		39/6	21/7	13/7	13/7		2/1	75/18
<b>Total registros</b>	<b>5318</b>	<b>1610</b>	<b>11269</b>	<b>10480</b>	<b>310</b>	<b>425</b>	<b>937</b>	<b>30349</b>
<b>Total nombres de especies</b>	<b>1317</b>	<b>477</b>	<b>1663</b>	<b>1847</b>	<b>59</b>	<b>149</b>	<b>500</b>	<b>4701</b>

Fuente: Global Biodiversity Information Facility (GBIF)

El Catálogo de Flora e Funga do Brasil arroja un total de 1.156 especies de hongos registradas, agrupadas en 55 órdenes y 390 géneros (Brazil Flora Group, 2021). En Colombia, ColFungi es un portal que recopila la información revisada y publicada de 7.421 especies de hongos para Colombia, de las cuales 644 especies se distribuyen para la región Amazónica (ColFungi, 2022).

En la Guayana Francesa, un trabajo de Jaouen y colaboradores (2019) compiló un dataset de 5.219 especímenes pertenecientes a 245 géneros de 75 familias de macrohongos, para un total de 1.168 especies de Basidiomycota para este territorio francés de ultramar ([www.gbif.org](http://www.gbif.org), dataset <https://doi.org/10.15468/ymvlp>). En Guyana se han compilado datos de ectomicorrizas asociadas a plantas de la familia Fabaceae, con cerca de 175 especies ([www.tropicalfungi.org](http://www.tropicalfungi.org)).

En Colombia, se han estudiado los siguientes macrohongos, es decir, que forman cuerpos fructíferos visibles a simple vista:

1. Los saprótrofos, que se alimentan de materia orgánica en descomposición.
2. Los entomopatógenos, los cuales infectan y matan insectos.
3. Los ectomicorrícos, aquellos que forman simbiosis con las raíces de los árboles, especialmente de los bosques primarios (vírgenes, no tocados por el hombre) y secundarios de tierra firme, várzea y arena blanca (ejemplos: López-Quintero, 2012, Vasco-Palacios *et al.*, 2018, 2019, 2022, Sanjuan *et al.*, 2014, 2015).

En Guyana, importantes contribuciones también se han realizado en las montañas de Pakaraimas (Henkel *et al.*, 2012, Smith *et al.*, 2013). En Ecuador se reportan 212 especies de macrohongos (Ordóñez, 2018), mientras que en Suriname, se encuentran sólo algunos trabajos sobre líquenes (Van den Boom *et al.*, 2016, 2018).

No obstante, en la última década el incremento en el número de especies de hongos ha sido promovido por el uso de herramientas moleculares que han resuelto la posición filogenética de muchas especies. Más de 100 nuevas especies han sido encontradas en las selvas húmedas de la Amazonía (p.ej.: Simmons *et al.*, 2002, Henkel *et al.*, 2011, Uehling *et al.*, 2012, Sanjuan *et al.*, 2014, Vasco-Palacios *et al.*, 2014, Sanjuan *et al.*, 2015, Grupe *et al.*, 2016, Yilmaz *et al.*, 2016).

El trabajo a futuro para dilucidar los factores que estructuran los hongos en los suelos tropicales debería ser más integrador, integrando datos de comunidades de plantas y hongos con datos ambientales. Estos enfoques combinados pueden proporcionar información importante para comprender el papel de los hongos en el ciclo de nutrientes, y cómo estos organismos clave afectan la estructura general de la comunidad de los bosques tropicales de tierras bajas, y como estas se ven afectadas por la deforestación y el cambio climático, efecto que se ve reflejado también en las comunidades vegetales y en el equilibrio de los frágiles suelos amazónicos.

### **Box 2.3.2.2 Hongos en Ambientes Amazónicos Naturales**

Así como ocurre con muchos grupos de organismos, la Amazonía es también un hotspot de biodiversidad fúngica (Tedersoo *et al.*, 2014). En 2012, se publicó un trabajo sobre diversidad de macrohongos en diferentes regiones y regímenes de disturbios del bosque, reportando una diversidad de más de 400 morfoespecies a partir de cuerpos fructíferos. Se encontraron diferencias en la composición entre bosques y diferentes niveles de disturbio. Un punto para destacar es que del total de morfotipos colectados, más del 52%, no pudieron ser identificados a nivel de especie, por falta de claves, monografías y estudios taxonómicos de hongos tropicales (López-Quintero *et al.*, 2012).

Con esto se resaltan los vacíos de información y la gran diversidad de hongos de la región. Las comunidades de hongos del suelo tienen una fuerte correlación con los tipos de bosques, donde la composición de plantas puede afectar la riqueza y la composición de la comunidad de forma selectiva a través de la simbiosis específica del huésped, las estructuras de las raíces, la producción de exudados de raíces y la presencia de hojarasca recalcitrante (Gómez-Salazar C. *et al.*, 2010, Peay *et al.*, 2013, Tedersoo *et al.*, 2010).

Estudios en bosques tropicales tienen una gran limitante, y es el desconocimiento de las especies de hongos. Por esto es importante el enriquecimiento de las bases de datos de referencia de secuencias de hongos amazónicos que ayuden a mejorar la identificación de género y especie de las secuencias obtenidas con el uso de herramientas de metabarcoding (o caracterización genética de la biodiversidad), que hasta el momento es de menos del 40% de las unidades taxonómicas operacionales obtenidas (Peay *et al.*, 2013, Peña-Venegas y Vasco-Palacios, 2019).

### **Box 2.3.2.3 Hongos que Habitán el Aire**

Los hongos son ubicuos en la atmósfera y juegan un papel importante en los procesos atmosféricos incluido el desarrollo de precipitaciones a través de la nucleación de hielo (Womack *et al.*, 2015). La composición fúngica del aire de la región Amazónica es similar a la del suelo o la filosfera, en donde los hongos Basidiomycota representan un 90% de todos los hongos del aire y con un gran número de hongos de la clase Polyporales, seguido por los hongos Ascomycota y hongos liquenizados (Womack *et al.*, 2015). También se destaca en el aire un número considerable de hongos formadores de líquenes.

#### **Box 2.3.2.4 Diversidad de Hongos Patógenos y Asociados a otros Organismos**

Un estudio en la región metropolitana de Belém de Pará en Brasil (RMB) mostró 76 especies y 20 géneros de hongos fitopatógenos Pucciniales. Catorce especies son nuevos registros: para América del Sur (una), Brasil (una), Amazonía (cinco), Estado de Pará (una) y RMB (seis). Este estudio indica que la RMB presenta la mayor riqueza de especies de Pucciniales hasta ahora encontrada en la Amazonía. Además, este hongo se encontró parasitando veinte especies diferentes de plantas de interés económico de la región (Carmo *et al.*, 2016). Otros estudios en ecosistemas naturales han mostrado también una alta diversidad, incluyendo nuevas especies (p.ej. Carvalho *et al.*, 2018).

De igual manera se presentan hongos que no necesariamente establecen relaciones simbióticas con sus hospederos, pero que conviven con ellos:

- **Hongos de los géneros *Candida*, *Thrichosporon*, *Torulopsis*, *Kluyveromyces* y *Geotrichum*** se han encontrado asociados en murciélagos (Mok *et al.*, 1982) y en hormigas que habitan las Bromelias del dosel del bosque Amazónico. La mayoría de los hongos asociados a estas, pertenecían a los filos Ascomycota (94%), seguido de los filos Basidiomycota (6%), con abundante presencia del género *Cladosporium*, *Mycosphaerella* y *Ramularia*, al igual que un número alto de especies desconocidas para la ciencia (Puckett, 2018).
- **Hongos artrópodo-patógenos.** Gracias al trabajo transfronterizo de Tatiana Sanjuan, se conoce que en la región Amazónica hay registradas 84 especies de hongos artrópodo-patógenos, esto sin incluir las especies que atacan a los Coccidae, que se ubican en la familia Clavicipitaceae como son los géneros *Mollerella*, *Samuelsia*, *Aschersonia* e *Hypocrea* (Gaya *et al.*, 2021).
- **Hongos endófitos.** Hongos muy específicos que establecen relaciones íntimas con las plantas huésped que habitan, sin ocasionarles daño. Por eso, se estudian con gran interés ya que entre ellos existen hongos antagonistas de patógenos que pueden ayudar a controlar enfermedades comunes en las plantas huésped, o con miras a aplicaciones en procesos industriales. Por ejemplo, se han encontrado hongos endófitos de especies vegetales que crecen en suelos contaminados con hidrocarburos, que tienen la facultad de degradarlos como hongos de los géneros *Verticillium*, *Xylaria*, *Clonostachys*, *Aspergillus*, *Colletotrichum* y *Phomopsis* (Marín *et al.*, 2018).

- **Hongos micorrílicos.** Son aquellos que establecen con las plantas una relación simbiótica íntima a nivel de raíz, que trae grandes beneficios para las plantas en términos de nutrición, protección contra patógenos y disminución del estrés (Finlay, 2008). Los hongos formadores de micorrizas han sido uno de los grupos más estudiados en la cuenca Amazónica, principalmente los hongos formadores de micorrizas arbusculares (endomicorrizas) y los formadores de ectomicorrizas, pertenecientes a los filos Ascomycota y Basidiomycota (Smith y Read, 2008, Corrales *et al.*, 2018).
- **Hongos endomicorríicos o formadores de micorrizas arbusculares (HMA).** La comunidad de HMA en suelos amazónicos se caracteriza por la dominancia de las familias Glomeraceae, Acaulosporaceae y Gigasporaceae (Freitas *et al.*, 2014). En la cuenca Amazónica se han reportado 23 de 29 géneros descritos hasta la fecha (Oehl *et al.*, 2011). Los géneros más diversos y representativos en los suelos de la región Amazónica son *Glomus* (que generalmente representa más del 70% de la comunidad) y *Acaulospore* (Caproni *et al.*, 2018, Peña-Venegas *et al.*, 2021, Stürmer y Siqueira, 2011). No existen datos precisos sobre el número de géneros o especies existentes en el mundo, como tampoco para regiones como la cuenca Amazónica. Aun cuando las HMA ha sido una de las relaciones simbióticas planta-hongo más estudiada en el mundo, esta relación es aún poco entendida, por cuanto su aplicación en la agricultura y la biorremediación, es decir, en el proceso de utilizar bacterias, hongos o plantas para degradar o descomponer contaminantes en el medio ambiente, es aún limitada. La evidencia indica que podría ser la relación simbiótica más importante en los ecosistemas amazónicos.
- **Hongos ectomicorrízicos (EcM).** Por mucho tiempo se consideró que los trópicos estaban dominados por hongos micorrízicos arbusculares (HMA), mientras que la simbiosis ectomicorrízica (EcM) era rara o incluso ausente (Singer & Morello, 1960, Halling, 1996, Mueller, 1996, Kennedy *et al.*, 2011, Corrales *et al.*, 2018). Estudios recientes han revelado que los hongos EcM también están ampliamente distribuidos en las selvas tropicales húmedas de la región Amazónica. En los últimos años, estudios muestran que la Amazonía presenta una gran cantidad de especies de ectomicorrizas, incluyendo endémicas, y representan uno de los recursos naturales más importantes, ya que provee varios servicios ecosistémicos y sirven de alimentación para algunas comunidades locales (Henkel *et al.*, 2004). Los estudios realizados hasta el momento no representan ni el 1% del territorio amazónico, por lo que estudios adicionales son importantes para ayudar a dilucidar los patrones de distribución de hongos EcM (dispersión versus vicarianza), donde la dispersión es el movimiento hacia otros lugares y la vicarianza implica la separación geográfica debido a barreras, además de la especificidad y las preferencias del huésped, así como el rol de estos hongos en el establecimiento de plantas EcM en ciertos tipos de suelo, como son los suelos de arenas blancas.

- **Hongos liquenizados.** Los hongos liquenizados o líquenes son un grupo muy diverso con un estimado de 13.500 a 20.000 especies a nivel global, y podrían alcanzar las 30.000 especies en regiones poco exploradas como el Neotrópico (Ahmadjian, 1993, Feuerer y Hawksworth, 2007). Estos organismos son altamente diversos y cumplen funciones ecológicas en los bosques amazónicos. Generalmente, los líquenes crustáceos representan la mayor parte de la diversidad en bosque de tierras bajas, por ejemplo, los bosques Amazónicos (Aptroot y Sipman, 1997). Para los bosques amazónicos sobresalen las familias más diversas Pyrenulaceae, Graphidaceae, Trypetheliaceae y Porinaceae con la mayor riqueza (Lücking *et al.*, 2014, Aptroot *et al.*, 2016, Lücking *et al.*, 2017, de Oliveira *et al.*, 2020).

### 2.3.2.1 Conservación de Hongos

Los hongos de la región enfrentan distintos grados de amenaza y riesgo de extinción, principalmente como consecuencia de la pérdida y degradación de hábitats asociados a cambios en el uso de la tierra y conversión de la superficie boscosa, la expansión de la agricultura y el crecimiento urbano, los recientes incendios forestales, así como por la contaminación por la actividad minera y petrolera, y el cambio climático (Finer *et al.*, 2008, Exbrayat *et al.*, 2017, Hager *et al.*, 2017, Kalamandeen *et al.*, 2018).

El conocimiento de las amenazas sobre los hongos de la Amazonía aún es muy incipiente, existiendo solamente información de evaluaciones globales utilizando los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Tabla 2.2).

**Tabla 2.2** Número de especies de hongos amenazadas por categoría de amenaza en los países que son parte de la cuenca del Amazonas

Categorías de Amenaza	UICN (2022)	Colombia	Brasil	Guyana	Guayana Francesa	Venezuela
<i>En peligro crítico (CR)</i>	1	1				
<i>Casi amenazado (NT)</i>	5		5		1	
<i>Vulnerable (VU)</i>	4	1	4	2		
<i>Preocupación menor (LC)</i>	2	2	1	2	1	1
<i>Datos Insuficientes (DD)</i>	11	2	2	9		
<b>Total general</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

Nota. CR, sigla en inglés: *Critically Endangered*; NT, sigla en inglés: *Near Threatened*;

VU, sigla en inglés: *Vulnerable*; LC, sigla en inglés: *Least Concern*; DD, sigla en inglés: *Data Deficient*.

Fuente: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

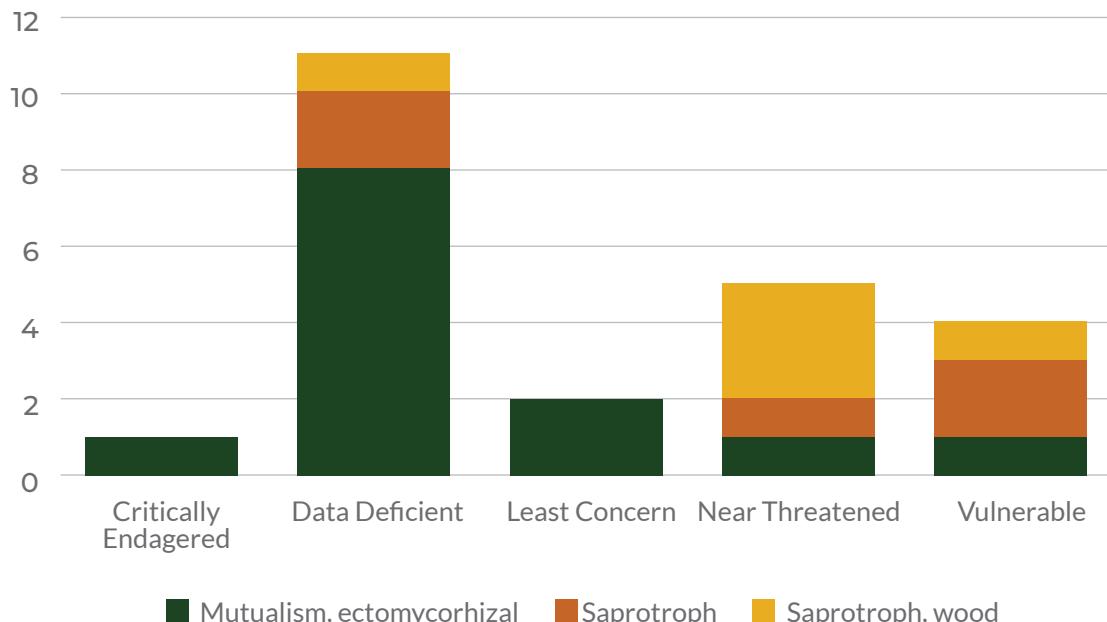
Hoy en día se han evaluado tan sólo 23 especies de macrohongos para la cuenca Amazónica. De éstas, 12 especies se encuentran distribuidas así: en Brasil, 13; en Guyana, 6; en Colombia, 2; en la Guayana Francesa, una; y una, en Venezuela. Una de las mayores dificultades al momento de evaluar el grado de extinción de los hongos es la falta de información sobre los rangos de distribución de las especies, tamaños poblacionales, número de individuos y madurez de las poblaciones.

La biología de los hongos hace difícil definir individuos, por esto se han ido adaptando los conceptos usados para evaluar las especies usando las categorías de la UICN (Dahlberg y Mueller, 2011), sin embargo, hay ciertos grupos de hongos como los hongos del suelo, hongos acuáticos, que son difíciles de evaluar por su biología.

Hasta el momento, el esfuerzo para evaluar hongos se ha centrado en especies de macrohongos endémicas o simbiontes ectomicorrícos, debido a que para las primeras, son conocidas únicamente unas pocas poblaciones (p.ej. *Marasmius yanonami*, *Austroboletus amazonicus*) y para las segundas, la distribución y los tamaños poblacionales pueden definirse con base en la información disponible de las plantas hospederas, que en general es más extensa que aquella disponible para los hongos (p.ej. *Austroboletus amazonicus*, *Clavulina kunmudlutsa*, *Clavulina tepurumenga*).

Sin embargo, la falta de información es tan evidente que el 50% de las especies han sido catalogadas en la categoría de datos insuficientes (DD, sigla en inglés), cinco especies se categorizan como casi amenazadas, cuatro como vulnerables y una en peligro crítico. En general, estas especies están amenazadas por procesos como pérdida de hábitat por la agricultura a gran escala o por la ganadería, la expansión de las poblaciones humanas, la pérdida de bosque por extracción maderera ilegal, extracción minera legal e ilegal, los proyectos de infraestructura y los incendios forestales (Fearnside, 2015, Aguiar, 2016, Gomes et al., 2019).

La única especie categorizada en peligro crítico (CR, sigla en inglés) es un hongo ectomicorrílico asociado al árbol endémico de Colombia, *Pseudomonotes tropenbosii* (Dipterocarpaceae), este árbol se conoce únicamente en cuatro poblaciones pequeñas y dado que los parches (o distribuciones fragmentadas) con *P. tropenbosii* se encuentran cerca de aldeas de pueblos indígenas que practican la agricultura migratoria, las poblaciones del árbol y de *A. tropenbosii* están amenazadas debido a posibles perturbaciones futuras (Vasco-Palacios et al., 2020). (Figura 2.6).



**Figura 2.6** Número de especies de hongos amenazadas por categoría de amenaza en los países que son parte de la cuenca del Amazonas

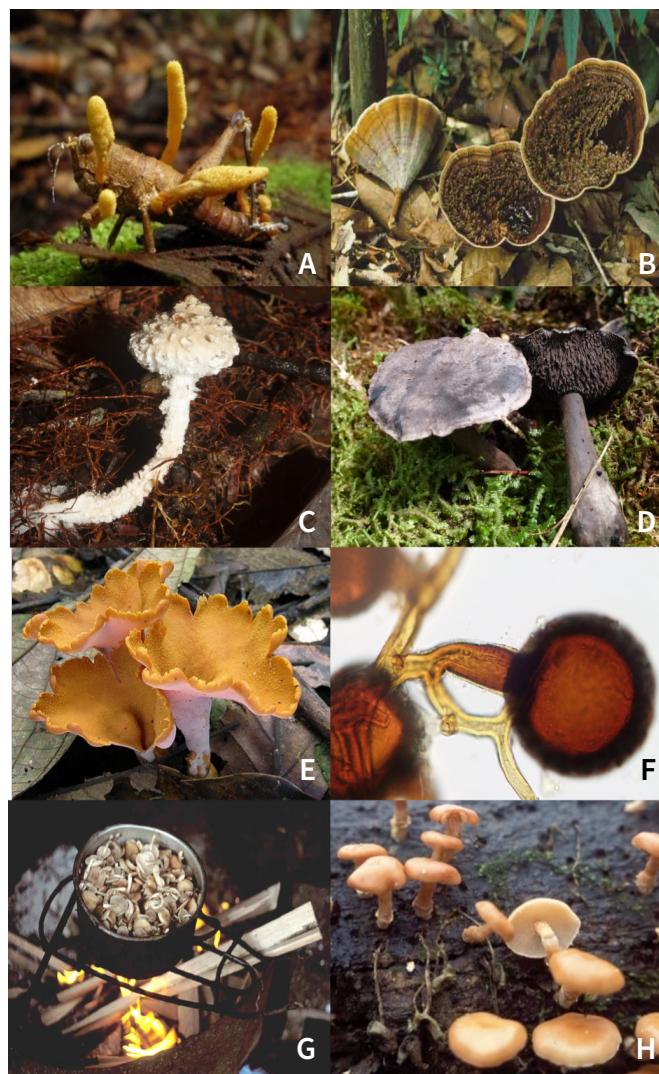
Fuente: (Vasco-Palacios *et al.*, 2020).

La tasa de deforestación actual en la Amazonía alcanza el 20% en Brasil (Fernside, 2008; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciáis - INPE, 2020). En Colombia se ha incrementado de manera significativa desde la firma del Acuerdo de Paz con la guerrilla y pasó de perder 98 mil hectáreas en 2019 a 109 mil en 2020 (Clerici *et al.*, 2020, IPBES 2021).

El impacto de esta deforestación no se ha evaluado para los hongos. Hay una pérdida evidente de hongos descomponedores de madera. Asimismo, la degradación y el cambio de uso de los suelos causan una pérdida de biodiversidad y un aumento de hongos patógenos. Además, el impacto de los fertilizantes y pesticidas en las comunidades de hongos en el suelo y en los ecosistemas naturales circundantes no se conoce.

En Panamá se encontró que la deposición antropogénica de nitrógeno (referida a la liberación de ese elemento) elevada puede reducir la colonización ectomicorrícica de las raíces de la planta huésped y alterar la composición fúngica (Corrales *et al.*, 2017). Los pesticidas se acumulan en el suelo con el tiempo, siendo transportados y depositados por el aire, y pueden contaminar así áreas no agrícolas. Estos pueden afectar la calidad nutricional de los suelos, interrumpir las actividades enzimáticas y alterar las comunidades de hongos del suelo (Sapsford *et al.*, 2017). Por ejemplo, insecticidas y fungicidas que inhiben las micorrasas arbusculares y la colonización ectomicorrícica de las raíces de las plantas (Laatikainen & Heinonen-Tanski, 2002, Karpouzas *et al.*, 2014).

Este es un tema que debe ser tomado en cuenta para futuros estudios y que impacta en la conservación de los hongos de la Amazonía. Los hongos juegan un papel fundamental en las funciones y servicios clave de los ecosistemas, por lo que es importante que se sigan evaluando, y para esto se necesita generar información sobre las poblaciones de hongos e incluirlos en las discusiones y las estrategias de conservación (Figura 2.7).



**Figura 2.7** Funga de la Región Amazónica

- A. *Cordyceps locustiphila*, especie de hongos artropopatógeno descrita del Amazonas.
- B. *Aquascyphus hydrophora* única especie del género ampliamente distribuida en la región, se ha registrado en Brasil, Colombia, Guyana, Surinam y Venezuela.
- C. *Austroboletus amazonicus*, especie ectomicorrícica endémica de Colombia, asociada al árbol *Pseudomonotestropenbosii* (Dipterocarpaceae).
- D. *Sarcodon rufobrunneus*, especie ectomicorrícica endémica de los bosques de arenas blancas asociado con *Dicymbium spp.* (Fabaceae).
- E. *Clavulinopsis craterelloides* especie ectomicorrícica endémica, reportada en Guyana y Colombia.
- F. Espora de hongo de la familia *Glomeraceae*, formador de micorrizas arbusculares.
- G-H. *Lentinula raphanica*, hongos saprótrofo importante en la alimentación de los grupos indígenas de la región.

Fotos: A-E y G-H, Aída Vasco; F, Clara Peña.

### 2.3.3 Plantas

La Amazonía se extiende a través del altiplano de las Guayanas, los bosques y sabanas de la cuenca del río Amazonas. Es el bloque de bosque tropical más grande del planeta, cubriendo aproximadamente 6 millones de km<sup>2</sup>, abarcando nueve países de América del Sur. El bosque tiene una alta biodiversidad, siendo considerada una de las regiones más biodiversas del planeta.

La vegetación del Amazonas es muy variada, se pueden encontrar desde los gigantes árboles emergentes, especies muy cotizadas como las orquídeas, también plantas medicinales, helechos, flores silvestres, plantas acuáticas. Esta riqueza de especies cumple además complejas funciones ecológicas de relación planta-animal (Aliaga-Rossel, 2011, Aliaga-Rossel y Moraes, 2014, Souza *et al.*, 2022, Pires y Galetti, 2023). El número de especies de plantas está aún en discusión. Sin embargo, la alta biodiversidad de especies no está en duda. En el Amazonas existen 10.071 especies diferentes de árboles (Ter Steege *et al.*, 2019).

La alta biodiversidad de especies representa oportunidades de seguridad alimentaria, medicina y es parte sustancial de la cultura de los pueblos indígenas que viven y subsisten de los bosques. Sin embargo, estimar el número de especies de plantas en la Amazonía es un gran desafío, dada su gran diversidad, extenso territorio y submuestreo forestal.

Los autores consideran que existe un gran vacío de datos en la Amazonía (Feeley, 2015, Silman, 2011). De manera conservadora, se puede inferir que se ha muestreado menos del 1% del área total de bosque, considerando datos de las redes e institutos de investigación más grandes que estudian la región (Peacock *et al.*, 2007, Ter Steege *et al.*, 2022).

Las primeras colecciones botánicas en la Amazonía comenzaron hace 300 años, durante el siglo XVIII en las Guayanas (Ter Steege *et al.*, 2016). La densidad de colecciones no supera los 10 registros por cada 100 km<sup>2</sup> de bosque. Esta baja densidad hace que la biodiversidad amazónica sea funcionalmente invisible para la gran mayoría de los estudios desarrollados. Esto contribuye a que se desconozca el número total de especies de plantas (Feeley, 2015, Hopkins, 2007). La estimación del número total sigue siendo objeto de debate, y oscila entre ~7.000 (Cardoso *et al.*, 2017) y 15.000 (Ter Steege *et al.*, 2013, 2020). Contribuyendo a las investigaciones, Ter Steege *et al.*, (2019) compilaron una lista de más de 10.000 especies de árboles amazónicos ya descritas. Este número corrobora las estimaciones realizadas por Ter Steege *et al.*, (2013, 2020). Entre las especies descritas, 227 son conocidas como hiperdominantes, ya que son extremadamente comunes y representan la mitad de todos los árboles de la Amazonía.

Las especies que componen el grupo de las cinco mil indicadas por estimaciones aún no descritas pueden considerarse muy raras. Ter Steege *et al.*, (2013) estimaron que las poblaciones de estas especies se presentan con menos de 1.000 individuos. Estas especies son posiblemente

endémicas y particulares de algunos ecosistemas específicos. Ecuador cuenta con 4.500 plantas endémicas; Brasil con aproximadamente 4.400 especies; Perú con 4.197; Bolivia, 2.402 plantas endémicas vasculares, y Colombia con 6.383 plantas endémicas de las cuales 280 se encuentran en la Amazonía colombiana, y están agrupadas en 68 familias y 185 géneros.

Estas pequeñas poblaciones hacen que estas especies sean especialmente sensibles a los cambios globales, como la deforestación y el cambio climático, y dentro de alguna categoría de amenaza de extinción en un futuro cercano.

Gomes *et al.*, (2019) estimaron que más de la mitad de todas las especies ya descritas en la Amazonía pueden estar amenazadas de extinción a mediados de siglo. El 8% de estas especies ya están amenazadas de extinción en algún nivel. En el futuro, el cambio climático puede representar una amenaza mayor que la deforestación, dada su capacidad de afectar a toda la Cuenca/Región Amazónica, mientras que la deforestación, a pesar de su gran intensidad, se concentra en regiones específicas.

Dadas las presiones sobre estas especies, los esfuerzos de conservación son críticos. Conocer la distribución y el estado de conservación de las especies de la flora amazónica ha sido posible, gracias al esfuerzo de programas como Flora do Brasil, coordinado por el Jardín Botánico de Río de Janeiro, y *Flora das Guianas*. Brasil posee más del 60% de la selva amazónica, y las estimaciones indican que más de 9.000 especies de árboles pueden existir en el país (Ter Steege *et al.*, 2013). La gran diversidad de la flora brasileña, junto con los crecientes avances en la deforestación en el país (Silva Junior *et al.*, 2021), hacen del país un actor clave en la conservación de la biodiversidad tropical.

Algunas especies fueron explotadas históricamente en la región después de la colonización de América del Sur, entre ellas el palo de rosa, *Aniba rosaeodora* Ducke, y el “pau-cravo”, *Dicyphellum caryophylatum* (clasificada por el botánico Martius (Mart.) y modificada por Ness), (Salomão *et al.*, 2007).

El uso comercial de estas especies las ha llevado a un gran riesgo de extinción debido a la reducción extrema de sus poblaciones. Muchas especies fueron manejadas por pueblos precolombinos a lo largo de la historia de la Amazonía (Clement *et al.*, 2015). Se estima que 85 especies de las hiperdominantes han sido manejadas por poblaciones amazónicas en los últimos milenios, lo que contribuye a la composición florística del bosque (Levis *et al.*, 2017). Algunas de estas especies, como la castaña o el árbol de nuez de Brasil (*Bertholletia excelsa*, clasificada por Bonpland), fueron y aún son manejadas en gran medida (Thomas *et al.*, 2015). La castaña es el producto forestal no maderable más celebrado en la Amazonía (Salomão, 2014). La especie está protegida por ley y su manejo es un ejemplo de uso sostenible de los recursos forestales amazónicos

## 2.3.4 Insectos

### 2.3.4.1 Hormigas

Las hormigas son uno de los grupos de artrópodos (invertebrados) e insectos más diversos del mundo. Se estima que existen más de 350 géneros y 20.000 especies, siendo las zonas tropicales las que presentan una mayor diversidad. En la Cuenca/Región Amazónica, este es uno de los grupos más diversos, ocupando tanto ambientes naturales como antrópicos. En general, los ambientes son dominados por unas cuantas especies, pero la riqueza total del lugar puede llegar a ser alta con un número abundante de especies “raras” (Vasconcelos, 2008).

Las comunidades de hormigas son diferentes según el estrato estudiado y la metodología usada para la colecta de individuos. La superficie del suelo es el estrato que presenta un mayor número de especies, seguido por la parte media del bosque, el interior del suelo y el dosel. Hasta el momento, 1.070 especies o subespecies de hormigas están representadas para la Amazonía brasileña, distribuidas en 99 géneros y 12 subfamilias (Andrade-Silva, 2021).

En cuanto a los demás países amazónicos, existe una escasez de información sobre este bioma y la disponibilidad de datos varía según cada país. Así, tenemos 746 especies y subespecies en Perú; 629 en Bolivia; 748 en Ecuador; 649 en Venezuela y 655 en la Guayana Francesa (Antmaps, 2022).

El conocimiento real de la diversidad es escaso dada la alta diversidad del grupo, por ejemplo, en áreas amazónicas preservadas tenemos hasta 35 especies en 1 m<sup>2</sup> de hojarasca (R.R. Silva, información personal) y 250 especies en dos hectáreas recolectadas en solo dos años (Almeida, 2021). El conocimiento está fragmentado dado el interés de proyectos específicos de este grupo, como indicadores ecológicos de cambios en ambientes abiertos y boscosos (Vasconcelos, 1999, Vasconcelos y Vilhena, 2006), del nivel freático (Baccaro *et al.*, 2013, Siqueira y Silva, 2021) y precipitaciones (Vasconcelos *et al.*, 2010).

En la superficie del suelo y zona media del Amazonas se destacan los géneros de hormigas forrajeras como *Pachycondyla*, *Crematogaster*, *Trachymyrmex*, *Paratrechina*, *Solenopsis* y *Hypoponera* (Vasconcelos, 2008). En el dosel, las hormigas arborícolas de los géneros *Camponotus*, *Pseudomyrmex*, *Cephalotes*, *Azteca* y *Dolichoderus* son las más comunes (Vasconcelos, 2008). Se ha encontrado que la diversidad de hormigas puede ser dos veces más alta en los ecosistemas boscosos que en ecosistemas intervenidos (Lojka *et al.*, 2010, Solar *et al.*, 2016, Vasconcelos, 2008).

Las hormigas realizan varios servicios ecosistémicos (Elizalde *et al.*, 2020) ya que son uno de los organismos más abundantes en los ambientes terrestres (Wilson, 1987, Hölldobler y Wilson, 1990). Los efectos del cambio climático, como la reducción de las precipitaciones, pueden provocar la pérdida de la mitad de los nidos y especies de hormigas (Almeida, 2021), una reducción drástica cuando pensamos que estos organismos son los mayores removedores de materia animal muerta en las zonas de la selva tropical. (Griffiths *et al.*, 2018). Además de la multitud de servicios, existe una relación aún poco conocida entre las hormigas y los pueblos indígenas y las comunidades locales amazónicas que utilizan estos animales como alimento y medicina (Silvestre y Sauda-Neto, 2020).

Las hormigas, las lombrices y las termitas son conocidas como “ingenieros (as) del ecosistema” ya que son las principales modificadoras de la estructura del suelo a partir de la elaboración de canales, túneles, y nidos, así como la movilización de materia orgánica desde la superficie del suelo a su interior. En el suelo, la familia más abundante es Myrmicinae y el género dominante es *Pheidole*, que puede representar una cuarta parte de todos los géneros de hormigas en el suelo, siendo también el más diverso (entre 15 y 65 especies por muestreo) (Castro y Fernández, 2021, Castro *et al.*, 2018, Silva *et al.*, 2021, Solar *et al.*, 2016).

En los suelos de la Amazonía colombiana, se han reportado 11 subfamilias, 60 géneros y 218 especies (Castro *et al.*, 2018, Castro y Fernández, 2021), representando el 20% de la riqueza de hormigas del país. En los suelos de la Amazonía brasileña se han reportado 53 géneros y 142 especies (Vasconcelos, 2008); y en los suelos de la Amazonía ecuatoriana se han reportado 19 géneros y 47 especies (Wilkie *et al.*, 2007).

En conclusión, las hormigas son el grupo de insectos más abundante y diverso de la Cuenca/Región Amazónica, ejerciendo diferentes funciones en el ecosistema. Aparentemente, algunas especies son resistentes al cambio de uso del suelo y a la intervención antrópica del ecosistema amazónico, habitando en gran número no solo hábitats naturales, sino también hábitats antrópicos con gran éxito. A pesar de su abundancia, son pocos los géneros de interés para el hombre. El caso de las hormigas arrieras o cortadoras de hojas del género *Atta* sp. es interesante ya que es considerado como una plaga para la agricultura, pero a la vez, una fuente de proteína, por lo que en muchas sociedades amazónicas se consume como alimento.

#### **Box 2.3.4.1 Grupos Dominantes de Hormigas en Áreas Prístinas e Impactadas**

***Pachycondyla crassinoda*:** Es una de las especies de hormigas más grandes en los trópicos del Nuevo Mundo y es depredadora de pequeños artrópodos (Tudor *et al.*, 2016) y depredadora oportunista de termitas de los géneros *Cornitermes*, *Labiotermes* y *Syntermes* (Mill, 1982). Se encuentran comúnmente en bosques tropicales y bosques de tierras altas (MacKay & Mackay, 2010).

***Azteca alfari*:** Es una hormiga de asociación obligatoria con el género de árboles tropicales *Cecropia*, es la hormiga más común que anida en *Cecropia* desde áreas abiertas o muy perturbadas (Longino, 2007). Al estudiar la diversidad de hormigas que anidan en *Cecropia* en el suroeste de Bahía, Brasil, *Azteca alfari* fue la especie de hormiga más común, encontrándose en el 52% (273) de las plantas examinadas (de Oliveira *et al.*, 2015).

***Camponotus cingulatus*:** Las colonias de esta especie pueden anidar de manera oportunista en árboles de *Cecropia* (de Oliveira *et al.*, 2015) o en bambú (Fagundes *et al.*, 2010), plantas que se encuentran fácilmente en áreas de regeneración.

#### **Box 2.3.4.2 Importancia de las Hormigas para los Pueblos Indígenas y las Comunidades Locales**

Câmara Cascudo (2016 [1963]) relata que los indígenas de Maranhão, Brasil cantan canciones especiales para la caza de la hormiga Tanajura (Género *Atta*). Álvarez (2005) reporta el rito del paso de los indígenas Sateré-Mawé de la Amazonía —cuyo nombre nativo es Kiusu Kiusuhy— para alcanzar la madurez sexual y llevar a cabo curas espirituales, realizado con el veneno de las hormigas Toquendira (*Paraponera clavata*). En este caso, las hormigas se colocan en un recipiente con agua, tallos y hojas de marañón trituradas. Esta mezcla adormece a los insectos durante aproximadamente treinta minutos, tiempo durante el cual se colocan en el guante donde los jóvenes deben tender la mano para ser picados. Este mismo autor relata que en el rito, el Parintintim aplicaba el aguijón de la Toquendira (*P. clavata*) para aumentar el tamaño del pene y dar virilidad. Mendonça *et al.* (2009) realizaron un experimento con los diversos compuestos químicos producidos por las glándulas mandibulares y metapleurales de los osos hormigueros, concluyendo que la mayoría de los compuestos probados tienen una fuerte actividad antibacteriana y antifúngica, entre ellos: citral, geraniol, 4-metil 3-heptanol, ácidos hexanoicos y octanoico. Los resultados sugieren que estos compuestos pueden tener un valor potencial como antibióticos en el tratamiento de la candidiasis humana, más que los antibióticos convencionales. (Silvestre y Sauda-Neto, 2020).

### 2.3.4.2 Termitas

Las termitas son insectos muy abundantes, se calcula una biomasa total entre 20 y 68 kg por hectárea de suelo, (Martius, 1998). También son muy diversos en los ecosistemas tropicales. Hacen parte de los llamados “ingenieros del ecosistema” dado que modifican la estructura del suelo a partir de la elaboración de canales, túneles, y nidos, así como la movilización de materia orgánica desde la superficie del suelo a su interior. Tienen un importante papel en el ciclo del carbono de los ecosistemas, siendo uno de los principales mineralizadores del carbono orgánico (mineralizando aproximadamente 77 kg de carbono orgánico por hectárea, correspondiente al 1.3 % del carbono total del suelo) (Yamada *et al.*, 2005), y reguladores de emisiones de gases invernadero en la Amazonía (Asperen *et al.*, 2021).

El inventario de termitas más completo de la Cuenca/Región Amazónica lo ha realizado Brasil, en donde se han descrito 238 especies de tres familias, principalmente Termitidae (con 207 especies), Kalotermididae (con 19 especies) y Rhinotermitidae (con 10 especies) (Constantino y Acioli, 2006). Este número de especies de termitas reportadas equivale a la mitad de las especies de termitas reportadas para el Neotrópico y el 8% de las especies de termitas del mundo.

En la Amazonía colombiana se han reportado 97 especies de termitas (Castro *et al.*, 2021a). Dentro de la familia Termitidae, las subfamilias Nasutitermitinae, Termitinae y Apocotermitinae son las más diversas (Constantino y Acioli, 2008). Aun cuando aproximadamente el 80% de las especies de termitas del suelo pueden pertenecer a la familia Termitidae, se ha evidenciado una mayor diversidad en Apocotermitinae en los últimos años, gracias al perfeccionamiento de nuevas técnicas taxonómicas para este grupo de termitas caracterizado por no poseer termitas soldados, clave para la determinación de otras termitas (Castro *et al.*, 2020).

Así, Apocotermitinae puede representar entre el 26 y el 39% de todas las termitas presentes en los suelos amazónicos (Castro *et al.*, 2021b, Castro *et al.*, 2020, Castro y Fernández, 2021). El género de termitas más abundante de los suelos es *Anoplotermes* (Castro y Fernández, 2021).

La mayor abundancia y diversidad de especies de termitas en la Cuenca/Región Amazónica está en los suelos, siendo muy sensibles a cambios en el ecosistema. La altitud es un factor que afecta su diversidad. Se ha evidenciado que existe una mayor diversidad a una menor altitud (Palin *et al.*, 2011, Peña-Venegas *et al.*, 2019). Igualmente, las comunidades de termitas son más abundantes y diversas en bosques de regeneración (Castro *et al.*, 2021b, Durán-Bautista *et al.*, 2020), en donde también se evidencia una mayor presencia de agregados de origen biológico en el suelo (Rodríguez-León *et al.*, 2021).

Así como las hormigas, algunos géneros de termitas amazónicas son consumidas por los pueblos indígenas y vendidas en mercados locales como es el caso de las especies del género *Syntermes* sp.

En conclusión, las termitas son uno de los grupos de insectos más abundantes de la Cuenca/Región Amazónica, y altamente sensibles a los cambios de uso del suelo y grado de intervención antrópica. En general, han sido consideradas como plaga por el consumo de madera, siendo estos grupos los más conocidos, pero realmente cubren un amplio rango de nichos y de dietas, que va más allá de los maderables. Recientes estudios en nichos diferentes a la madera han dado cuenta de nuevos géneros y especies, aumentando el conocimiento de la diversidad de estos organismos.

#### **2.3.4.3 Coleópteros**

Coleoptera es el orden (en la jerarquía taxonómica) de insectos más diverso del mundo. El número de especies de coleópteros estimado es de 350 mil. De estos, 51.000 son gorgojos (Curculionidae). No hay estimaciones para todos los coleópteros del Bioma Amazónico. Las estimaciones más actuales para los países que conforman la Cuenca/Región Amazónica suman 8.042 especies, de las cuales 3.000 son endémicas de estos países. (Bouchard *et al.*, 2017).

El catálogo brasileño de fauna, actualizado hasta 2022, registró 35.492 especies de coleópteros, con 4.730 endémicas. Para el Bioma Amazónico brasileño, la única estimación registrada en la literatura es la de Asenjo *et al.*, (2013), que calcula 877 especies de la familia Staphylinidae, una checklist (lista de verificación) completa con nuevos registros y distribución geográfica de los escarabajos errantes (Coleoptera, Staphylinidae) de Brasil.

Los pueblos indígenas aprecian los escarabajos como fuente de alimento y como adorno. Por ejemplo, en Colombia, Perú y Brasil se utiliza la larva del gorgojo *Rhynchophorus palmarum* (Curculionidae) que es muy apreciada como fuente de proteína, la larva se puede comer viva o cocida al fuego.

En cuanto a los adornos, los élitros (alas endurecidas) de algunos escarabajos, como la especie *Chrysophora chrysochlora* (Scarabaeidae), son utilizados debido a su resplandor verde metálico por el pueblo Aguajum- Awajún de la alta Amazonía peruana para hacer collares, aretes y otros. (Figura 2.8).



**Figura 2.8** Adornos hechos con alas de *Chrysophora chrysochlora* (Scarabaeidae) por el pueblo Aguajum - Awajún de la alta Amazonía peruana

**Nota.** Angélico Asenjo, colaborador

#### **Box 2.3.4.3 Estimaciones del Efecto del Cambio Climático sobre las Mariposas en la Amazonía Brasileña**

La Cuenca/Región Amazónica es el remanente más grande de bosque tropical en el planeta, con un área superior a los 6,8 millones de km<sup>2</sup>. Se acerca el punto de inflexión de la Amazonía hacia el colapso ambiental debido a las altas tasas absolutas de pérdida y degradación de los bosques del mundo y el cambio climático global, lo que pone en riesgo su biodiversidad y los importantes servicios ecosistémicos que brinda.

Por lo tanto, la región es una prioridad mundial para la conservación. Un trabajo con mariposas frugívoras, que comen frutas y néctar, en la Amazonía brasileña (Monteiro Lopes, 2021) buscó comprender los impactos futuros del cambio climático pronosticado en la distribución y riqueza de especies. Los resultados más importantes de este estudio usando modelos predictores de cambio climático y con base en la distribución actual de especies en los modelos, se pronosticó que más de 41% de las especies pueden perder áreas aptas para el 2050. En el escenario actual, la mayor riqueza de especies se encuentra en la región occidental, con mayores concentraciones en el centro-este, mientras que hay presencia de las especies más pequeñas en la región oriental de la Amazonía. Por lo tanto, son necesarias acciones combinadas de diferentes sectores de la sociedad para buscar soluciones para proteger no sólo a las mariposas sino a todos los componentes de los ecosistemas naturales de la Amazonía.

### 2.3.5 Arañas

Las arañas representan otro grupo abundante de artrópodos (invertebrados) con muchas especies en la Amazonía. Los inventarios de arañas en los bosques amazónicos logran recolectar cientos de especies incluso en pocos días de muestreo (Tabla 2.3).

**Tabla 2.3** Ubicaciones con las listas más grandes de especies de arañas registradas en la Amazonía

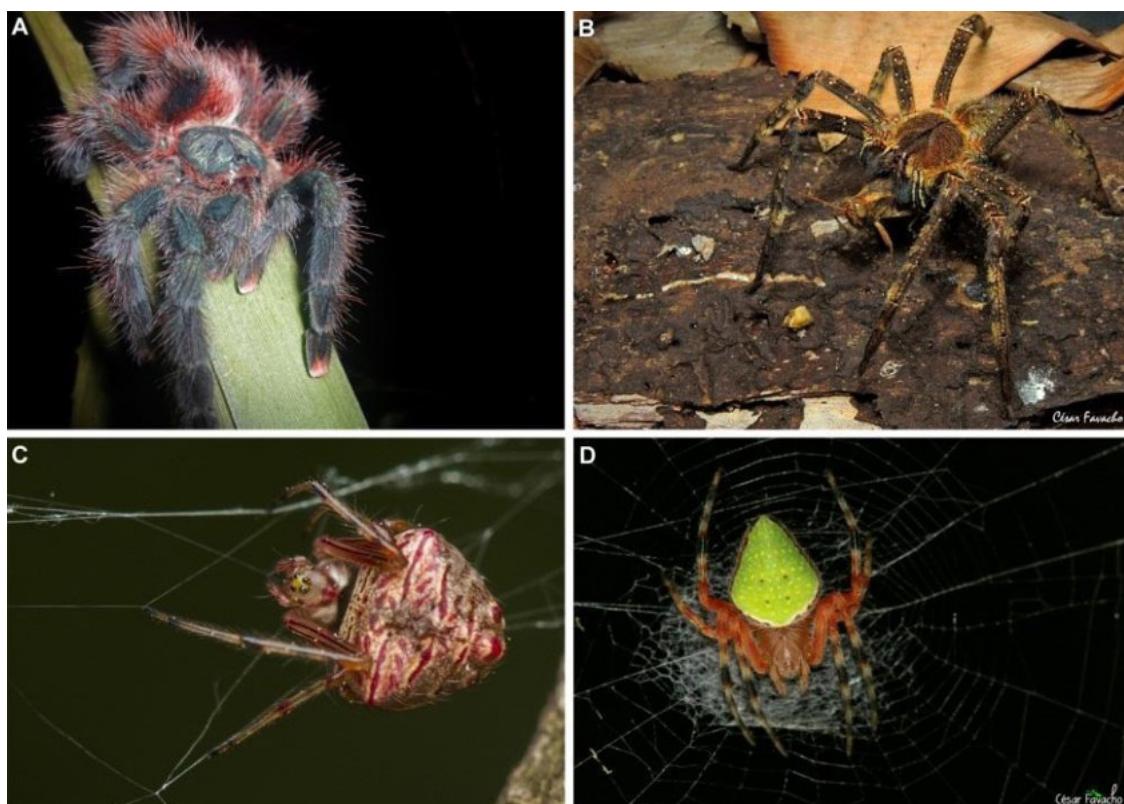
Localidad	Nº de especies	Nº de individuos	Referencias
Reserva Nacional Pacaya-Samiria, PERÚ	1.140	5.895	Silva (1996)
Cuenca del río Urucu, Coari, Amazonas, BRASIL	623	3.786	Dias y Bonaldo (2012)
FLONA de Caxiuanã, Melgaço, Pará, BRASIL	591	4.768	Bonaldo <i>et al.</i> (2009)
Distrito Forestal Sustentable de BR-163, Pará, BRASIL	577	2.720	Bonaldo <i>et al.</i> (2015)
Parque Nacional Pico da Neblina, Amazonas, BRASIL	529	3.143	Nogueira <i>et al.</i> (2014)
Reserva Forestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas, BRASIL	506	-	Höfer y Brescovit (2001)
Portel, Pará, BRASIL	493	3.199	Saturnino <i>et al.</i> (2017)
Serra do Cachimbo, Novo Progresso, Pará, BRASIL	427	2.750	Ricetti & Bonaldo (2008)
Reserva Extractivista Marinha de Soure, Pará, BRASIL	121	554	Silva-Júnior & Saturnino (2017)

Estos artrópodos depredadores se encuentran en los más diversos ambientes terrestres (Dias *et al.*, 2009). En los ecosistemas amazónicos las arañas encuentran refugio y alimento en abundancia, desde el suelo hasta las copas de los árboles. En 2017, se registraron 1.036 especies de arañas en la Amazonía (Oliveira *et al.*, 2017) y este número crece a un ritmo frenético gracias al trabajo de los taxónomos (Platnick *et al.*, 2013, Candiani & Bonaldo, 2017, Ott *et al.*, 2017, Silva-Júnior & Bonaldo, 2019, Xavier & Bonaldo, 2021).

El Museo Goeldi, creado como centro de investigación en 1866 en Belém, Pará, Brasil, alberga una colección de arácnidos de incalculable valor científico, aproximadamente 40 mil lotes de arañas debidamente registrados en la base de datos y decenas de miles de lotes que se van incorporando paulatinamente, van quedando disponibles para el estudio de investigadores de todo el mundo. La colección de arácnidos del Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) también debe ser reconocida por albergar miles de ejemplares de la fauna aracnológica de la Amazonía Occidental.

Algunas especies amazónicas merecen ser destacadas. *Drymusa spelunca* y *Harmonicon cerberus* se encuentran en cuevas en la Flona de Carajás y se consideran en peligro crítico, según el Libro Rojo de la Fauna Brasileña Amenazada (Instituto Chico Mendes para la Conservación de la Biodiversidad (ICMBIO, 2017). Las arañas del género *Theraphosa*, conocidas como arañas Goliat o arañas comedoras de pájaros, se encuentran entre los arácnidos más grandes del mundo y se posan en los suelos de las selvas amazónicas, donde se alimentan de pequeños vertebrados. La tarántula *Avicularia* se encuentra en los árboles y se puede ver fácilmente en lo alto de las casas y otras construcciones humanas rodeadas de bosques. A pesar de ser grande y peluda, lo que puede causar temor en muchas personas, esta especie no es agresiva y por ello es blanco del tráfico ilegal de animales, siendo utilizada como mascota en muchas partes del mundo (Marshall et al., 2022, Guerra- Serrudo et al., 2023).

En la Amazonía también encontramos dos especies del género *Phoneutria*, grandes arañas de interés médico, conocidas popularmente como armadeiras. Entre las pequeñas arañas, que representan la gran mayoría de las especies, las coloridas y exuberantes arañas tejedoras de espirales son muy comunes, siendo fáciles de encontrar en el centro de su tela elástica y pegajosa esperando a su presa (Figura 2.9).



**Figura 2.9 Arañas del Amazonas**

**Nota.** A. Araña cangrejo *Avicularia avicularia*; B. Araña voladora *Phoneutria reidyi* depredando un saltamontes; C. Araña de tela en espiral del género *Verrucosa*; D. Araña de tela en espiral del género *Eriophora*.

Fotos: A: Cláudio Silva Júnior; B-D: César Favacho.

### 2.3.6 Lombrices

Las lombrices de tierra pertenecen a la clase Oligochaeta, y se estima que pueden incluir unos 814 géneros y 8.800 especies diferentes en el mundo (Reynolds & Wetzel, 2007).

La diversidad de lombrices de tierra en la Cuenca/Región Amazónica es conocida parcialmente. Se tienen reportes de Brasil, Guayana Francesa (con los inventarios más completos), Colombia y Venezuela. Se estima que podrían existir más de 36 géneros y 2.000 especies en la región (Lavelle & Lapièd, 2003).

La principal limitación para establecer el inventario completo de lombrices de tierra de la región es el reducido número de científicos, taxónomos especializados en Oligoquetos (grupo de gusanos que incluye las lombrices) que existen en el mundo, y el poco acceso que ellos tienen al estudio de ejemplares de la Amazonía. Sin embargo, es importante destacar, que en los últimos 10 años, se ha incrementado el número de nuevas especies de lombrices de tierra para la ciencia provenientes de la cuenca Amazónica (Feijoo y Celis, 2011, 2012, Feijoo-Martínez *et al.*, 2020, Hernández-García *et al.*, 2018a, b, Sousa *et al.*, 2020a, b), con lo cual los inventarios se han venido completando en algunos países de la región.

Las lombrices de tierra reportadas para la Cuenca/Región Amazónica pertenecen a seis familias diferentes: Glossoscolecidae, Ocnerodrilidae, Acanthodrlidae, Almidae, Sparganophilidae, y Megascolecidae (James y Brown, 2008, Feijoo y Celis, 2012), siendo las tres primeras familias las más numerosas y diversas. Se han reportado 33 géneros para la región:

- **20 Glossoscolecidae** (*Andiodrilus*, *Andiorrhinus*, *Anteoides*, *Atatina*, *Cirodrilus*, *Diachaeta*, *Enantiodrilus*, *Glossodrilus*, *Goiascolex*, *Holoscolex*, *Martiodrilus*, *Nouraguesia*, *Periscolex*, *Pontoscolex*, *Rhinodrilus*, *Righiodrilus*, *Thamnodrilus*, *Tuiba*, *Tupinaki* y *Urobenus*).
- **5 Ocnerodrilidae** (*Eukerria*, *Exidrilus*, *Haplodrilus*, *Liodrilus* y *Ocnerodrilus*).
- **4 Acanthodrlidae** (*Dichogaster*, *Neogaster*, *Pickfordia* y *Wegeneriona*).
- **1 Almidae** (*Glyphidrilocrius*).
- **1 Sparganophilidae** (*Areco*), y
- **2 Megascolecidae** (*Amyntas* y *Haplotaxis*) (Bartz *et al.*, 2009, James y Brown, 2008, Feijoo y Celis, 2011, 2012, Feijoo-Martínez *et al.*, 2020, Maggia *et al.*, 2021).

La mayoría de las lombrices de tierra reportadas para la región Amazónica son nativas, incluyendo un gran número de especies endémicas y no descritas (Lavelle y Lapièd, 2003, Maggia *et al.*, 2021), y en donde aproximadamente el 10% de ellas son introducidas (Lavelle y Lapièd, 2003). La especie que tiene una mayor distribución en la región es *Pontoscolex corethrurus*, especie originaria de la Guayana Francesa, pero que ha colonizado no sólo la Cuenca/Región Amazónica, sino también Centroamérica y Suramérica. Esta especie generalmente es abundante en zonas disturbadas y con actividad antrópica (Lavelle y Lapièd, 2003, Maggia *et al.*, 2021, Marichal *et al.*, 2010, 2012), conviviendo en el lugar con especies de lombrices de tierra nativas.

Se ha encontrado una mayor abundancia de lombrices de tierra en suelos antropogénicos amazónicos que en suelos amazónicos naturales, aun cuando su diversidad es similar (Demetrio et al., 2019, 2020). En suelos antropogénicos entre un 61% y un 99% de la biomasa del suelo corresponde a lombrices de tierra, mientras que en suelos naturales sólo corresponde a un 40%.

A pesar de que las lombrices que habitan el suelo han sido las más estudiadas, también existe una amplia diversidad de lombrices que habitan otros hábitats y que equivaldrían a un 40% de la diversidad encontrada en los suelos (Maggia et al., 2021).

## 2.3.7 Peces

### 2.3.7.1 Diversidad

Con sus más de 6.8 millones de km<sup>2</sup> la cuenca del Amazonas es el más grande sistema hidrográfico del mundo, con descargas que representan aproximadamente entre un 15% y un 20% de la descarga total de agua dulce en la superficie del planeta (entre ≈120 x 103 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> en diciembre hasta ≈300 x 103 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> en mayo) (Callede et al., 2004, Moura et al., 2016).

Desde los sistemas fluviales torrenciales que provienen de la vertiente oriental andina, y tierras altas de los escudos cratónicos (situados a altitudes mayores de 300 m), hasta los grandes ríos de aguas turbias de tierras bajas, áreas de inundación y pantanos, comprende el ensamble más diverso de peces de agua dulce en el mundo con 2.716 especies válidas (de las cuales 1.696, que representan el 62,5% de las especies, son endémicas) incluidas en 529 géneros, 60 familias y 18 órdenes (Dagosta y de Pinna, 2019, Albert et al., 2020).

El mayor número de especies de agua dulce del mundo se encuentra en la cuenca del río Amazonas con estimaciones entre las 2.406 (excluyendo el río Tocantins) ó 2.726 especies como cuenca total. La ictiofauna amazónica está representada por cerca de 529 géneros, 60 familias y 18 órdenes taxonómicos (Dagosta et al., 2020).

A nivel de subcuenca, las mayores riquezas de especies han sido estimadas para las cuencas del río Madeira (1.062 – 1.406 spp. especies, con término abreviado: spp.), el río Negro (922 -1.233 spp.) o Solimões (1.113 spp.), las cuales tienen un mayor número de especies (spp.) incluso que las registradas para el canal principal que cuenta con 922 spp. Estas especies disminuyen en diversidad al aumentar el nivel altitudinal, un patrón que se observa en la Cordillera de los Andes, escudo Guayanés y brasileño. Por el contrario, las zonas con mayores registros de endemismos se encuentran en las zonas aisladas y altas de la cuenca, que son las áreas con menor número de áreas protegidas (Dagosta et al., 2020, Jézéquel et al., 2020b).

Esta estimación de diversidad supera a ríos como el Congo (1.250 spp.), Mekong (1.200 spp.) y Orinoco (1.001 spp.). Incluso, la riqueza de especies es mucho mayor que la de continentes como Europa (546 spp.) u Oceanía (260 spp.). Considerando la riqueza de especies, el mayor número forma parte de los órdenes Characiformes (sardinas, palometas y otros) y Siluriformes (peces gato o *catfishes*), que representan más del 70% de la riqueza total (Dagosta y De Pinna, 2019, Albert *et al.*, 2020, Dagosta *et al.*, 2020, Jézéquel *et al.*, 2020a).

La mayoría de las especies (y familias) se encuentran fisiológicamente confinadas a sistemas de agua dulce y presentan muy baja tolerancia a la salinidad de las aguas marinas. Sin embargo, la ictiofauna incluye especies y clados pequeños (organismos emparentados que comparten un ancestro común) como Myliobatiformes, Clupeiformes, Beloniformes, Carangiformes y otros, que evolucionaron de ancestros marinos y actualmente se encuentran confinados a sistemas de agua dulce (Lundberg *et al.*, 2009). Entre los peces registrados en el Amazonas, principalmente en la parte baja de la cuenca y en regiones estuarinas, se encuentran además especies marinas que penetran más o menos profundamente en la cuenca, como el tiburón toro (*Carcharhinus leucas*) (Feitosa y Nunes, 2020).

Tal diversidad de fauna es de origen antiguo, muchos de los clados alcanzaron sus características actuales aproximadamente durante el Neogeno (≈23 millones de años). Información proveniente del registro fósil y estudios filogenéticos, muestran que la diversificación a nivel de familias o géneros ocurrió de manera continua durante el Cenozoico (Reis *et al.*, 2016, Albert *et al.*, 2020).

Su distribución de forma desigual está influenciada por procesos combinados de heterogeneidad ambiental, clima y eventos geológicos. La diversidad de peces y endemismos muestran un decrecimiento gradual en dirección oeste-este, lo cual indica que los peces actuales se originaron y colonizaron desde la parte oeste de la cuenca. Este inesperado modelo inverso podría relacionarse con la dinámica de la historia geológica de la red de drenaje del Amazonas, la cual, luego de un aislamiento de las cuencas orientales y occidentales durante el Mioceno, empezó a fluir hacia el este hace entre 1 y 9 millones de años atrás. Estos resultados sugieren que el principal centro de diversidad estaba situado hacia el oeste de la cuenca, con la dispersión de peces progresando hacia la parte este de la cuenca, luego de la unión de las cuencas y de que el río Amazonas asumiera su curso moderno hacia el Atlántico (Hoorn *et al.*, 2010, Oberdorff *et al.*, 2019).

A nivel de subcuenca, se reporta la mayor riqueza de especies para las cuencas del río Madeira (1.062 – 1.406 spp.), el río Negro (922 -1.233 spp.) y el río Solimões (1.113 spp.), las cuales tienen un mayor número de especies, incluso que las registradas para el canal principal que cuenta con 922 spp. como se podrá apreciar en la Tabla 2.4. Estas especies disminuyen en diversidad al aumentar el nivel altitudinal, un patrón que se observa en la Cordillera de los Andes y en los escudos guayanés y brasileño. Por el contrario, las zonas con mayores registros de endemismos se encuentran en las zonas aisladas y altas de la cuenca, que son las áreas con menor número de áreas protegidas (Dagosta *et al.*, 2020, Jézéquel *et al.*, 2020b), conforme se presenta en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4** Riqueza de especies de peces y endemismos por subcuenca de nivel 1 y 2 de la cuenca del Amazonas.

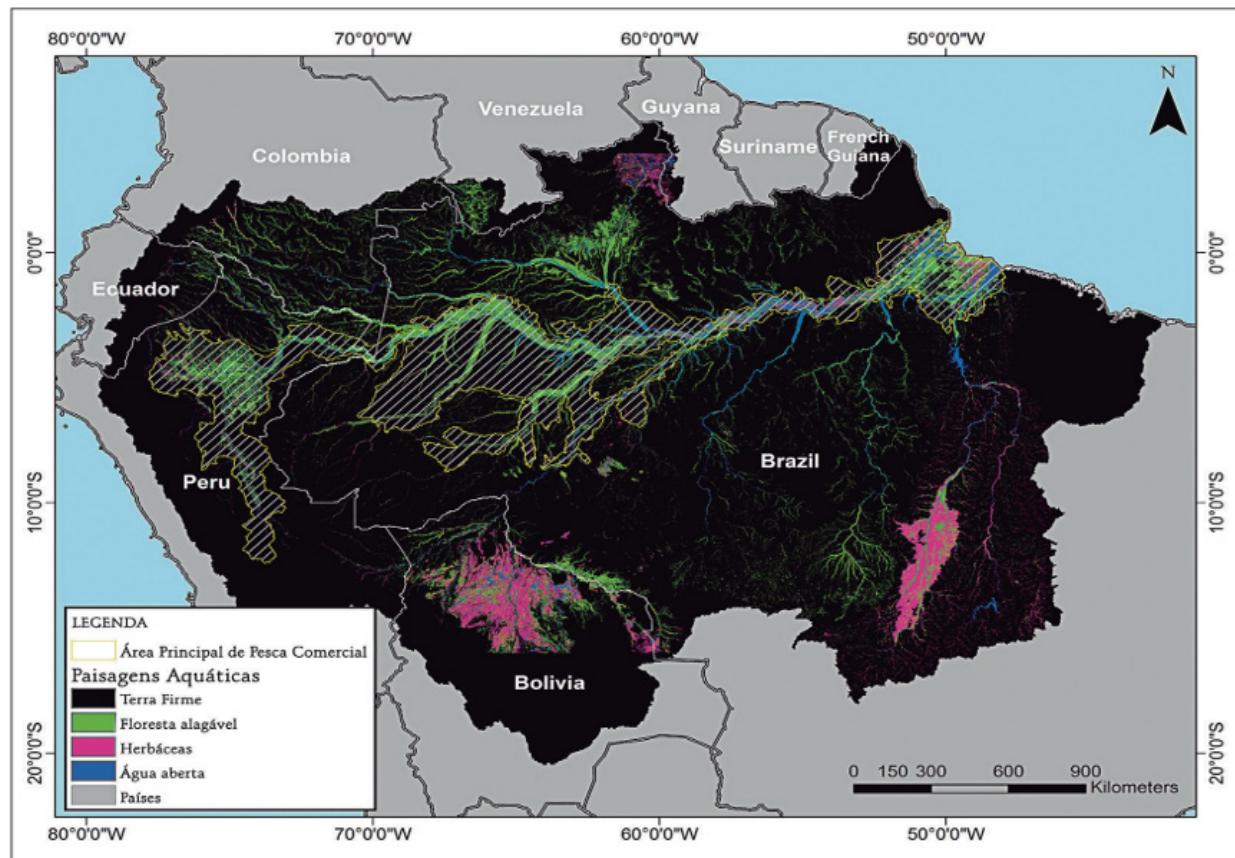
Subcuenca	No. Especies	No. Especies Endémicas
Amazonas	971	11
Andira	433	-
Caquetá-Japurá	838	12
Coari	323	-
Curuá	80	-
Curuá-Una	195	2
Jari	227	9
Javary o Yavarí	552	-
Juruá	557	1
Jutai	322	-
Madeira	1406	135
Marañón	747	39
Napo	744	9
Negro	1233	83
Nhamunda	235	1
Parú	22	1
Purús	836	5
Putumayo-Iça	705	-
Solimões	1113	35
Tapajos	982	66
Tefé	545	2
Trombetas	494	5
Uatumá	416	-
Ucayali	727	28
Xingú	821	73

Fuente: (Dagosta *et al.*, 2020, Jézéquel *et al.*, 2020b).

### 2.3.7.2 Importancia Alimenticia y Cultural de los Peces

La productividad de las aguas amazónicas, entre ellas la pesca, está asociada a los tipos de aguas: blanca, clara y negra y su dinámica fluvial periódica en el paisaje, siendo los ríos de aguas blancas y sus extensas planicies de inundación, los de mayor producción pesquera (Figura 2.10).

Su desarrollo se centra en tres países que comparten las planicies de agua blanca donde se encuentran las áreas pesqueras más importantes: Brasil, Perú y Colombia. A pesar de esta importante relación, el conocimiento sobre el recurso pesquero es incipiente, debido a la falta de interés en la toma de información continua por parte de las distintas instituciones responsables de manejar el recurso (Barthem *et al.*, 2019).



**Figura 2.10** Principales áreas de pesca en la cuenca Amazónica

Fuente: Venticinque, 2018, en Barthem *et al.*, 2019.

En la Amazonía boliviana la pesca aún se desarrolla a pequeña escala, principalmente en las tierras bajas del Llano de los Mojos, con poca atención por parte de las instituciones estatales, reflejado en la poca información oficial que se tiene desde 1995. La información más reciente indica desembarques totales aproximadamente de 3.080 tn/año, centrado en especies de gran tamaño como *Pseudoplatystoma tigrinum*, *P. fasciatum*, *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachypodus*, *Zungaro zungaro*, *Brycon sp.* y *Arapaima gigas*, esta última especie introducida desde la Amazonía brasileña en los años 80. La pesca en los ríos transfronterizos Abuná, Madera, Mamoré bajo e Iténez, estimada en 497 tn/año, es principalmente aprovechada en la Amazonía brasileña (85%) (Van Damme *et al.*, 2011).

En la Amazonía ecuatoriana, la pesca se desarrolla en zonas de cabecera alejadas de las planicies inundables, de forma que la pesca más representativa se concentra en la zona de frontera con Perú. Aunque no se conoce un estimativo de los desembarques pesqueros, se sabe que la presión de pesca es variable, multiespecífica y dirigida a 36 especies principalmente los bagres migratorios del género *Brachyplatystoma* (Burgos-Moran et al., 2018, Barthem et al., 2019).

A pesar de la importancia de la pesca como alimento y sustento económico de las comunidades ribereñas en la Amazonía, la información sobre la productividad pesquera en los diferentes países es muy incipiente.

En la Amazonía brasileña, la información más reciente es de 2011 y está enfocada en la pesca comercial. Así, los desembarques pesqueros en los principales mercados urbanos indican que 30 especies aportan el 90% a la producción total, y 9 de ellas, aportan más del 50% de esa producción:

- Curimata (*Prochilodus nigricans*)
- Piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*)
- Jaraqui (*Semaprochilodus insignis*, *S. taeniurus*)
- Tambaquí o pacú (*Colossoma macropomum*)
- Mapara y blanquillo (*Hypophthalmus edentatus*, *H. marginatus* y *H. fimbriatus*), y
- Dorada, dorado de piel o de cuero (*Brachyplatystoma rousseauxii*).

Mientras que el pirarucú (*Arapaima gigas*) especie ícono en la cuenca Amazónica, aporta sólo 1% de la producción total (Barthem et al., 2019). La pesca en la Amazonía brasileña genera cerca de 168 mil empleos y mueve cerca de R\$389 millones/año.

Algunas especies, principalmente migratorias, ya se reportan en peligro de sobrepesca como:

- Dorada, dorado de cuero (*Brachyplatystoma rousseauxii*)
- Piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*)
- Sorubim o surubi (*Pseudoplatystoma fasciatum*, *P. reticulatum*, *P. tigrinum*)
- Jaraqui (*Semaprochilodus insignis*, *S. taeniurus*) y
- Tambaquí o pacú (*Colossoma macropomum*).

#### **2.3.7.3 Conservación**

La importancia de la riqueza de especies radica en la gran variedad de funciones que desempeñan las especies en la estabilidad ecológica y en la resiliencia ante perturbaciones de la cuenca. La diversidad de peces incluye diversas formas, colores y adaptaciones a distintos hábitats. Por ejemplo, la arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*) tiene la habilidad de saltar varios metros fuera del agua para alimentarse de insectos, aves, reptiles o murciélagos que se encuentran en los árboles y de cuidar su cría llevándola en la boca. También se encuentra una amplia variedad de

tamaños, desde peces muy pequeños como la piaba (*Hypseobrycon copelandi*, de 3 cm de longitud), *Xenurobrycon polyancistrus* (menos de 10 mm de longitud estándar), hasta peces gigantes como el pirarucú o paiche (*Arapaima gigas* de 2,5 m de longitud).

Algunas de las hipótesis para explicar la extraordinaria diversidad de peces en la Amazonía, se enfocan en los rasgos funcionales y el uso de hábitats (Albert *et al.*, 2020). De acuerdo con estas hipótesis, los peces son capaces de ocupar y compartir hábitats muy especializados (por ejemplo, especies de *Phreatobius* –*Phreatobiidae*– que se encuentran en aguas subterráneas del sistema freático).

Estudios sobre el uso de hábitats, mostraron que la mayor parte de las especies (cerca de un 60%) se encuentran en pequeños arroyos y riachuelos de tierra firme (no inundable) del bosque amazónico, que representan la mayor superficie de los sistemas acuáticos de las cuencas de drenaje. Estos pequeños sistemas, por lo general, corren por debajo del dosel del bosque y dependen principalmente de una producción primaria alóctona, es decir, hojas, ramas y otros materiales vegetales que caen al agua, y al descomponerse sirven de alimento a los organismos acuáticos (James *et al.*, 2020). Por el contrario, los canales de los ríos grandes (de mayor orden) dependen principalmente de la producción autóctona, incluyendo un número de especies mucho menor, principalmente asociadas a los márgenes de ríos.

Un grupo especial asociado al canal de los grandes ríos son las especies que se encuentran en las partes más profundas (Figura 2.11 y Figura 2.12).



**A**



**B**

**Figura 2.11** *Pseudacanthicus pirarara* (familia Loricariidae), especie endémica del río Xingú, descrita en 2016 por Chamon y Sousa

**Nota.** Mide alrededor de 30 cm y tiene un alto valor en el mercado internacional de peces ornamentales. Es una especie que vive entre las rocas del cauce principal del río Xingú, habitando áreas con corrientes y profundidades que van de 1 a 30 metros. La especie está clasificada en la Lista Roja Brasileña como Preocupación menor (LC, sigla en inglés).

Fotos: Leandro Sousa: A. a 1.5 m de profundidad, B. a 4 m de profundidad.



Figura 2.12 *Hypancistrus zebra*, Especie de acari (familia Loricariidae) endémica del río Xingú y descrita en 1991 por Isbrucker y Nijssen

**Nota.** Es una especie de color único con bandas blancas y negras y tamaño miniatura, alcanzando un máximo de 8 a 10 cm. Es muy apreciada en la acuariofilia mundial y, debido a su distribución geográfica restringida y a la alta presión pesquera para el comercio de ornamentales, su población tuvo un fuerte declive. La especie fue categorizada como En Peligro Crítico (CR, sigla en inglés) en la Lista Roja Brasileña (ICMBIO).

**Foto:** Leandro Sousa, captada en un entorno natural a una profundidad de 1.5 metros.

Como ocurre con los peces de agua dulce en otras partes del mundo, muchas especies presentan especializaciones para la vida, es decir, adaptaciones que han hecho para vivir tanto en su anatomía como en su comportamiento, entre otros, acomodándose a porciones particulares del continuo fluvial (*river continuum*), incluyendo gradientes altitudinales y longitudinales, asociaciones con diferentes tipos de sustrato (arena, cascajo, rocas, troncos sumergidos y otros).

Además, muchas especies están adaptadas a sistemas torrentiales de montaña, humedales (pantanos) estacionales, sistemas temporales (pozos), cuevas y acuíferos, o zonas de estuarios (Albert et al., 2020). Por otro lado, muchas especies presentan fenotipos especializados, que les permiten ocupar uno o más de los distintos perfiles químicos del agua: sistemas de aguas claras (la mayor parte de las especies), sistemas de aguas blancas provenientes de la vertiente oriental andina, o especialistas de aguas negras, adaptados para habitar aguas ácidas (James et al., 2020).

Una característica importante de las comunidades de peces en la Amazonía es la presencia de especializaciones tróficas o de alimentación, como estrategia de sobrevivencia. Los peces tienen una amplia diversificación trófica: iliófagos (algas y bacterias de sedimentos), algívoros (algas),

detritívoros (material en descomposición), omnívoros, herbívoros (material vegetal), zooplactófagos (zooplancton), invertívoros (invertebrados) y piscívoros (peces) (Van Damme *et al.*, 2011). Sin embargo, aunque los peces de agua dulce consumen una gran variedad de ítems alimenticios, la mayoría son generalistas bénéticos, es decir, que se alimentan de invertebrados (invertívoros bénéticos) (James *et al.*, 2020). De esta forma, los peces presentan una estructura trófica en los sistemas acuáticos, ejerciendo una presión sobre los niveles más bajos (*control top-down*, Van Damme *et al.*, 2011).

Un número cada vez mayor de especies de peces y fauna acuática de la Amazonía enfrentan distintos grados de amenaza y riesgo de extinción (Castello *et al.*, 2013, García Moreno *et al.*, 2014, Reis *et al.*, 2016) como consecuencia de:

- La pérdida y degradación de los hábitats asociados a: grandes cambios en el uso de la tierra y conversión de la superficie boscosa, el desvío de arroyos para riego, represas (Castello y Macedo, 2016, Exbrayat *et al.*, 2017, Aliaga-Rossel y Escobar, W.W., 2020).
- El bloqueo de sistemas fluviales por la construcción de complejos de producción hidroeléctrica.
- La sobreexplotación o sobrepesca.
- Las especies invasoras o introducidas.
- La contaminación por la actividad minera.
- La expansión de la agricultura.
- El crecimiento urbano.
- La extracción de agua y la regulación de caudales.
- El cambio climático.

Los peces de agua dulce representan una cuarta parte de todas las especies de vertebrados, aunque el agua dulce ocupa menos del 1% de la superficie terrestre y representa menos del 0,0001% del total de agua en el planeta. Además, la fauna de peces de agua dulce presenta un alto grado de endemismo (Albert *et al.*, 2020, Miranda y Miqueleiz, 2021), y representa uno de los recursos naturales más importantes, ya que provee varios servicios ecosistémicos y contribuyen a la salud, bienestar, identidad cultural y economía de las sociedades (Miqueleiz *et al.*, 2019).

Los peces de agua dulce están entre los vertebrados más amenazados, puesto que son especialmente vulnerables a actividades antrópicas como la introducción de especies, la sobreexplotación, fragmentación y degradación de cursos de agua, y el cambio climático (Miranda y Miqueleiz, 2021).

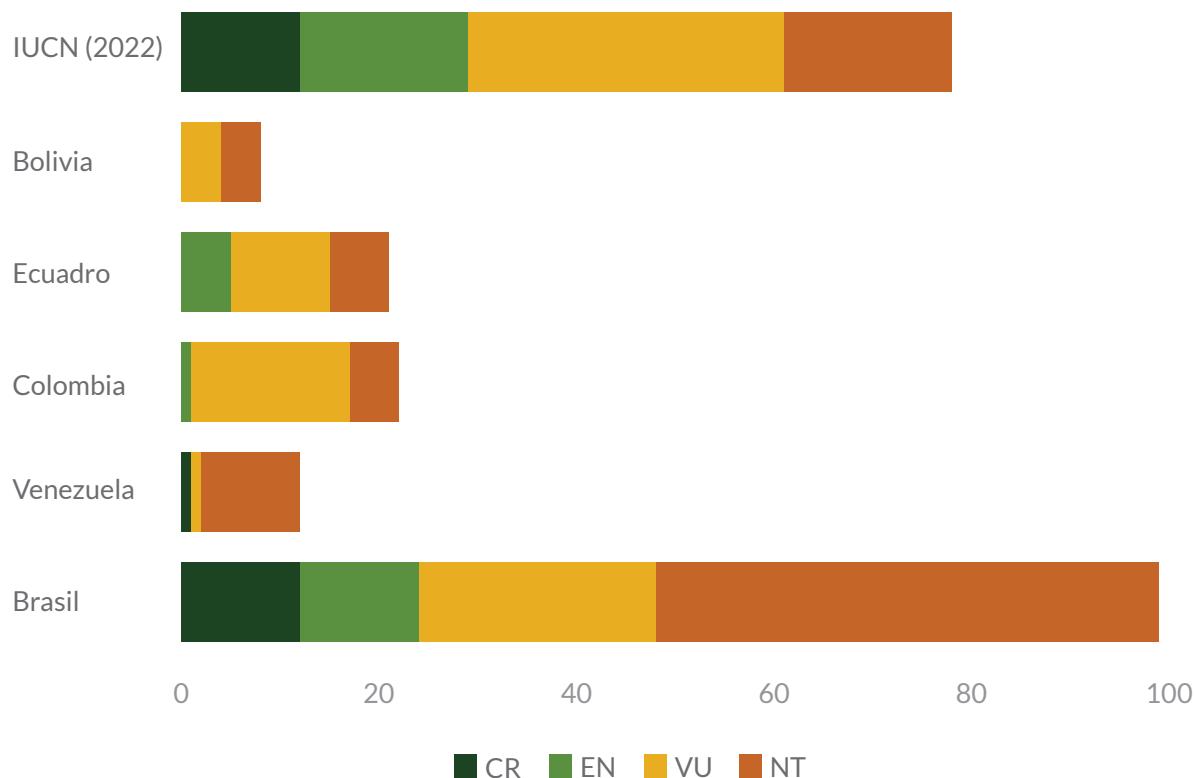
Una lista de especies amenazadas de peces de la Amazonía fue elaborada tomando como referencia la información actual disponible de la UICN, y los libros rojos o listas similares publicadas por los países que forman parte de la cuenca. Sin embargo, las listas disponibles en la actualidad están incompletas (Vitule *et al.*, 2016).

En el análisis de las especies de peces amenazados de la Amazonía se consideraron seis países de la Región Amazónica: Bolivia, Brasil, Ecuador, Colombia, Perú y Venezuela. Para Bolivia, se revisó el Libro Rojo de Vertebrados Silvestres de Bolivia (MMAyA, 2009). Para Brasil, el *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção* (ICMBio/MMA, 2018). Para Colombia, la Resolución 1912 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Para Ecuador, la Lista Roja Nacional de Peces de Agua Dulce de Ecuador (Aguirre *et al.*, 2019). Para Venezuela, el Libro Rojo de la Fauna Venezolana 4<sup>a</sup>. edición (Rodríguez *et al.*, 2015). En el caso del Perú, se sistematizó la información de especies amenazadas de la base de datos de la Lista Roja de la UICN actualizada al 2021, debido a que no cuenta con un Libro Rojo de peces. No se consideró el análisis de las especies amenazadas de Suriname y Guyana porque la distribución de sus principales cuencas de drenaje no forma parte de la cuenca del Amazonas.

Para el análisis del grado de amenaza se consideraron las siguientes categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, cuyas siglas están en inglés: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU) y Casi Amenazada (NT). No se incluyeron en el análisis especies en las categorías de: Preocupación Menor (LC) y Datos Insuficientes (DD) por ser de menor grado de amenaza. (IUCN, 2022).

Entre los seis países evaluados, se registraron 195 especies amenazadas para la Cuenca/Región Amazónica. El mayor número, 99 especies, se encuentra en Brasil, incluyendo 12 especies en la categoría en Peligro Crítico (CR), 12 en la categoría En Peligro (EN) y 24 en la categoría Vulnerable (VU), muchas son endémicas o de distribución restringida. En Colombia, se registraron 22 especies, 16 en la categoría VU. En Ecuador, 21 especies amenazadas, de las cuales 10, también fueron incluidas en la categoría VU. En Venezuela, se reportan 12 especies amenazadas, de las cuales 10, la mayoría, en la categoría de Casi Amenazada (NT) y Bolivia con ocho especies amenazadas distribuidas en las categorías de VU (4 especies) y NT (4 especies).

Se realizó una revisión de las especies de peces que se encuentran en la Lista Roja de la UICN (2021). Esta lista incluye 78 especies, con casi el 50% de las especies incluidas en la categoría de vulnerable (VU). Es importante mencionar que las listas extraídas de la Lista Roja de la UICN (2022) no coinciden con las especies de las listas de los Libros Rojos Nacionales. Esto podría deberse a que muchos de estos libros no han sido actualizados o que como en el caso del Perú, no cuentan con un Libro Rojo (Figura 2.13).



**Figura 2.13** Número de especies de peces amenazadas en todo el mundo con destaque por categoría de amenaza en el mundo y en los países que son parte de la cuenca del Amazonas, representadas con siglas en inglés. (CR: Peligro crítico. EN: En peligro. VU: Vulnerable y NT: Casi amenazada).

Fuente: IUCN, (2022).

Veintitrés especies de la lista se encuentran en la categoría En Peligro Crítico (CR), que incluye a las especies que enfrentan un riesgo extremadamente alto de extinción en la naturaleza (IUCN, 2021). De las 23 especies, 12 se encuentran en las listas de la UICN, 2021 y 12 en las listas de especies amenazadas de Brasil. Un aspecto notable es que solo una de las especies propuestas por Brasil y la UICN (el pez sierra *Pristis pristis*; Chondrichthyes: Pristidae) se encuentra en ambas listas. Por otro lado, la gran mayoría de las especies propuestas por la UICN en esta categoría de alto riesgo, no fueron consideradas en las listas de especies amenazadas de los países.

La gran mayoría de las especies incluidas en las principales categorías de amenaza son especies endémicas (principalmente en Brasil) o de distribución restringida. De las 73 especies endémicas amenazadas listadas para la Cuenca/Región Amazónica, un 50% corresponde a especies que se encuentran en Brasil, con especies que incluyen las cuatro categorías de mayor riesgo: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU) y Casi Amenazada (NT). Especies en las categorías: En Peligro (EN), Vulnerable (VU) y Casi Amenazada (NT), también se encuentran en Colombia y Ecuador.

Aunque la lista incluye las especies de grandes bagres migratorios y especies que forman parte de la pesca comercial y de subsistencia, sólo dos especies fueron incluidas por la mayoría de los

países en sus listas, usualmente en categorías de menor riesgo: el tambaqué o pacú (*Colosoma macropomum*) incluido en la categoría VU por Bolivia y en la categoría NT por Colombia, Venezuela y Brasil. En Ecuador, la especie se considera con datos insuficientes (DD). La otra especie es la dorada, dorado de piel (*Brachyplatystoma rousseauxii*), una de las especies migratorias icónicas de la cuenca Amazónica, que alcanza grandes tallas mayores a 2 metros, y que forma parte de la pesca comercial en todos los países de la cuenca. Fue incluida por Ecuador en la categoría En Peligro (EN). Se encuentra en la categoría Vulnerable (VU) en Bolivia y Colombia, y en la categoría Casi Amenazada (NT) en Venezuela.

Una de las especies de gran porte y de importancia en la pesca comercial es el paiche (*Arapaima gigas*) que está considerada como Vulnerable (VU) en Colombia y Ecuador, pero que contradictoriamente en Bolivia y cuencas del Madre de Dios y en la reserva natural Santuario Nacional Pampas del Heath al Sur Este del Perú es considerada como una especie invasora que está afectando a la densidad de varias especies nativas comerciales.

Si bien la gran mayoría de especies de peces amenazadas son especies de agua dulce, es necesario mencionar que existen especies marinas y estuarinas en peligro que migran entre sistemas de agua dulce y sistemas marinos o de estuario. Entre las especies marinas que penetran en el Amazonas se encuentra el pez sierra (*Pristis pristis*; Chondrichthyes: Pristidae) que se encuentra en la categoría Peligro Crítico (CR) (IUCN, 2021) y los tiburones *Carcharhinus falciformis*, *C. leucas*, *Galeocerdo cuvier* y *Rhizoprionodon lalandii* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) incluidos en la categoría Vulnerable (VU) y que forman parte de la pesca incidental (IUCN, 2021).

## 2.3.8 Anfibios

### 2.3.8.1 Diversidad

Los anfibios son un grupo de organismos suficientemente amplio y diverso que conforman comunidades complejas dentro de diferentes ecosistemas. Se distinguen taxonómicamente por tener varios caracteres en común, como tener la piel lisa, desprovista de escamas, con una gran cantidad de glándulas que les da la sensación de estar siempre húmedos. Por lo general, tienen una larva acuática y un estado adulto que puede ser terrestre o semiterrestre (Vitt & Caldwell, 2009).

Colombia es el segundo país con mayor número de especies de anfibios del mundo. Se estima que en Colombia hay actualmente 836 especies de anfibios (Acosta-Galvis, 2019) de las cuales más de 200 especies están en la Cuenca/Región Amazónica. Las siguientes 41 especies más representativas son: *Adelophryne adiastola*, *Allobates femoralis*, *Allobates marchesianus*, *Boana cinerascens*, *Boana hobbsi*, *Boana hutchinsi*, *Boana maculateralis*, *Boana punctata*, *Boana wavrini*, *Chiasmocleis bassleri*, *Chiasmocleis tridactyla*, *Dendropsophus marmoratus*, *Dendropsophus par-*

*viceps*, *Dendropsophus triangulum*, *Edalorhina perezi*, *Leptodactylus leptodactyloides*, *Leptodactylus pentadactylus*, *Leptodactylus rhodomystax*, *Leptodactylus riveroi*, *Leptodactylus stenodema*, *Lithodytes lineatus*, *Oreobates quixensis*, *Osteocephalus cabrerai*, *Osteocephalus taurinus*, *Osteocephalus vilarsi*, *Phyllomedusa vaillantii*, *Pipa pipa*, *Pristimantis brevicrus*, *Pristimantis carvalhoi*, *Pristimantis conspicillatus*, *Pristimantis ockendeni*, *Pristimantis vilarsi*, *Ranitomeya ventrimaculata*, *Rhaebo guttatus*, *Rhinella marina*, *Rhinella margaritifera*, *Rhinella proboscidea*, *Scinax karenneae*, *Scinax ruber*, *Trachycephalus typhonius* y *Vitreorana ritae* (Stroud, 2015, Cárdenas et al., 2019, AmphibiaWeb, 2022).

### 2.3.8.2 Conservación

Todas las especies encontradas hasta el momento están ampliamente distribuidas en el estado de Acre, la región Amazónica brasileña y países vecinos (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú). Sin embargo, sobre muchas existen lagunas en el conocimiento sobre biología y distribución geográfica, ninguna de tales especies está en la lista brasileña de especies de anfibios en peligro de extinción o es endémica de la Amazonía brasileña.

En la Lista Roja Oficial Brasileña (Lista Nacional Oficial de Especies de Fauna Amenazadas de Extinción, MMA, 2014), de las 195 especies de anfibios presentes en el estado de Pará (Cassundé et al., 2022), sólo *Bolitoglossa paraensis* (Unterstein, 1930) aparece en la categoría En Peligro (EN), que corresponde al 0,5% de las especies presentes en dicho estado. Considerando la Amazonía brasileña, es necesario agregar *Allobates brunneus* (Cope, 1887) clasificada en la categoría En Peligro Crítico (CR), con más del 95%. Por otra parte, 42 de las especies incluidas en la lista se encuentran en la región este de América del Sur, en los biomas del Bosque Atlántico y Cerrado, y no en el Bioma Amazónico.

La última actualización de la Lista de Especies Amenazadas del Estado de Pará fue publicada hace 16 años (“Lista de Especies de Flora y Fauna Amenazadas en el Estado de Pará”, Gobierno del Estado de Pará, 2007) e incluye tres especies: la salamandra *Bolitoglossa paraensis*, y dos ranas, *Rhinella ocellata* y *Pseudopaludicola canga*, mientras que, para el Estado de Pará, *Atelopus spumarius* figura en la Lista Roja de la UICN, como en peligro de extinción (Cassundé et al., 2022).

Un número tan pequeño de especies de anfibios amenazadas en la Amazonía brasileña no corresponde a la realidad frente al desafío de aumentar el conocimiento taxonómico (lectura, reconocimiento y descripción de nuevas especies por parte de la Ciencia) en la región. Como ejemplo, podemos mencionar a *Allobates brunneus*, una especie en peligro crítico que no tiene límites de distribución bien establecidos, ya que puede confundirse con otras especies del género o incluso presentar linajes evolutivos que aún no han sido reconocidos por la ciencia (Lima et al., 2009).

Otro factor preocupante es que el avance del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) está asociado con varias pérdidas de anfibios en todo el mundo, y las condiciones ambientales pueden dictar el éxito de la propagación del patógeno. Aunque la Amazonía brasileña ha sido considerada climáticamente inadecuada para los hongos quitrids, recientemente se registró el primer reporte de infección por Bd en cecilias silvestres para la Amazonía brasileña y salamandras (Lambertini et al., 2022), registrándose también el último, en la Amazonía peruana (Perrett et al., 2017).

Además, especies del género *Atelopus*, consideradas particularmente susceptibles a Bd en otras regiones de las Américas (Berger et al., 1998, La Marca et al., 2005, Lampo et al., 2006, Lips et al., 2008, Rodríguez-Contreras et al., 2008, Scheele et al., 2019), habiendo probado experimentalmente su susceptibilidad al hongo (Lambertini et al., 2022), e inicialmente se deben realizar mayores esfuerzos en la Amazonía brasileña ante los dos problemas presentados anteriormente.

Desde un punto de vista biológico, todas las especies son de interés científico y de conservación, sobre todo porque se sabe poco sobre la biología y las interacciones ecológicas de estas especies.

Los anfibios son bien reconocidos como indicadores de las condiciones ambientales y el grado de conservación de los bosques debido a sus estrictos requisitos de temperatura y humedad.

La presencia de especies de Aromobatidae: *Allobates femoralis* y *Allobates marchesianus*; los Dendrobatidae: *Ameerega hahneli*, *Ameerega macero* y *Ameerega trivittata*; los Strabomantidae: *Oreobates quixensis*, *Pristimantis conspicillatus*, *P. diadematus*, *P. fenestratus*, *P. Lacrimosus*, *P. ockendeni*, *P. skydmmainus* y los Hylidae: *Phyllomedusa bicolor*, *P. camba* y *P. vaillantii*, demuestra que la zona presenta buenas condiciones de conservación ambiental. Esta conclusión se debe a los requerimientos reproductivos y fisiológicos que presentan estas especies.

Las ranas de las familias de anfibios aromobatídeos, dendrobatídeos y strabomantídeos (género *Pristimantis*) portan los huevos y las crías sobre el dorso, depositan los huevos o larvas en tanques de fitotelmas, de bajo follaje, o en troncos húmedos en el suelo. Mientras que las ranas arbóreas de la subfamilia de los Phyllomedusineans (*Phyllomedusa bicolor*, *P. camba* y *P. tomopterna*) depositan sus huevos sobre las hojas de la vegetación por encima del agua donde las larvas deben gotear y desarrollarse en aguas léticas (Haddad & Prado, 2005).

Todas estas especies están altamente correlacionadas con regiones o ambientes de alta humedad (Lynch, 1979, Duellman, 1982, 1988, 1990) y necesitan áreas cubiertas por vegetación que evite la radiación solar directa al suelo, limitando la evaporación del agua del suelo y manteniendo la humedad y temperatura del ambiente más o menos constante, lo cual es favorable para todas las especies de ambientes forestales. Estas especies poseen características únicas, por lo tanto, pueden considerarse útiles y valiosas como buenos indicadores de ambientes ecológicos saludables.

### **Box 2.3.8.1 Uso de Anfibios por los Pueblos Indígenas**

La especie de rana conocida popularmente como “*Kambô, Kampú, Kampum, Sapo-da-injeção o Sapo-da-vacina*”, o *Phyllomedusa bicolor* tiene una amplia distribución en la Amazonía. Su secreción de toxinas ha sido utilizada durante décadas o siglos únicamente por pueblos indígenas que viven la región Amazónica, como los Katikunas, Kaxinawás y Ashaninkas, cerca de la cordillera de los Andes, y ha sido ampliamente utilizada y difundida por personas de diferentes partes del mundo, con diversos propósitos.

En la literatura antropológica, hay varios indicios sobre el uso tradicional de la rana kambô. Según los pueblos indígenas, la kambô quita el “panema”, una especie de debilidad del cuerpo y del espíritu o mala suerte en general. (Souza, 2002).

Los indígenas Katukina del río Liberdade, fueron los primeros en denunciar ante el Poder Público la biopiratería y reclamar derechos sobre el uso del veneno de *Phyllomedusa*. Además, se ha estado comercializando el veneno Kambô, ya sea mediante aplicaciones de la llamada “vacuna” o mediante la venta de la secreción cristalizada en trozos de madera (palos).

Últimamente, con la difusión del uso del veneno de esta rana por los medios de comunicación nacionales e internacionales, ha habido una gran demanda en busca de una cura para diferentes tipos de enfermedades o simplemente por curiosidad. De acuerdo con información proporcionada por miembros de los pueblos Kaxinawá y Kulina del río Alto Purús, algunas especies de anfibios son utilizadas como alimento.

Las especies más apreciadas son: la rana canoa “*Txashush*” (nombre en Kaxinawá) o *Hypsiboas boans*, la rana de baño “*Panu*” (Kaxinawá) o *Trachycephalus venulosus* y la especie conocida popularmente como rana o caçote “*Heu*” (Kaxinawá) o *Leptodactylus pentadactylus*. La *Hypsiboas boans* es la especie más grande de este género y una de las más grandes de la familia Hylidae que se encuentra en la región. La especie se reproduce en las orillas de ríos, lagos, arroyos y represas durante los períodos secos de lluvia. Los machos suelen cavar sus nidos en bancos de arena o barro en las orillas de los cuerpos de agua. En esta época los indígenas salen a capturarlos, ya que los animales se encuentran en actividad reproductiva y son más vulnerables a los depredadores. La especie se encontraba en gran abundancia a lo largo de las orillas de los arroyos.

## 2.3.9 Reptiles

### 2.3.9.1 Diversidad

Reptilia es una clase bien representada entre los Vertebrados, con amplia radiación adaptativa en diferentes nichos y conquista de ambientes variados a lo largo de su historia evolutiva, con excepción de los casquitos polares (Andrade & Abe, 2007). Para la regulación de la temperatura corporal, estos animales utilizan fuentes externas que les ayudan en el metabolismo, la movilidad, la explotación de recursos y la adquisición de energía (Martins & Molina, 2008). Actualmente, están representados por Crocodylia (caimanes, caimanes y cocodrilos), Testudines (tortugas y tortugas terrestres), Squamata (anfisbenios, lagartijas y serpientes) y Sphenodontia (los tuataras, que se encuentran exclusivamente en Australia).

En Brasil, que representa la tercera mayor riqueza de especies de reptiles en el mundo, actualmente se reconocen 795 especies de reptiles, siendo 36 Testudines, 6 Crocodylia y 753 Squamata, de las cuales 72 anfisbenios, 276 lagartijas y 405 serpientes (Costa & Bérnuls, 2018). La Amazonía alberga más de 273 especies (Ávila-Pires et al., 2007). Los estados de Roraima, Amapá, Acre, Rondônia, Amazonas, Pará, Tocantins y Mato Grosso, que componen la Amazonía brasileña, tienen un total de 583 especies de reptiles, de las cuales 30 son Testudines, 5 Crocodylia, 179 Lacertilia (lagartos), 39 Amphisbaenia y 285 Ophidia (serpientes) (Costa et al., 2021). Ante el avance de la taxonomía integradora y las brechas geográficas, tal diversidad observada es probablemente aún mayor.

Colombia también es uno de los países con mayor diversidad de reptiles en el mundo, contando con aproximadamente 600 especies descritas (Uetz et al., 2022). En la Amazonía colombiana, las especies más representativas son *Boa constrictor*, *Caiman crocodilus*, *Chironius multiventris*, *Enyalioides laticeps*, *Epicrates cenchria*, *Gonatodes riveroi*, *Imantodes lentiferus*, *Iphisa elegans*, *Dipsas catesbyi*, *Helicops angulatus*, *Helicops hagmanni*, *Hydrops triangularis*, *Loxopholis percarinatum*, *Mesoclemmys gibba*, *Micrurus filiformis*, *Neusticurus medemi*, *Chironius scurrulus*, *Leptodeira annulata*, *Paleosuchus trigonatus*, *Pseudoboa coronata*, *Rhinemys rufipes*, *Bothrops brazili*, *Bothrops taeniatus*, *Anolis fuscoauratus*, *Anolis ortonii*, *Anolis transversalis*, *Bachia pyburni*, *Corallus hortulanus*, *Erythrolamprus aesculapii*, *Erythrolamprus typhlus*, *Hemidactylus brookii*, *Arthrosaura reticulata*, *Cercosaura argulus*, *Potamites ecpleopus*, *Anolis punctatus*, *Anolis trachyderma*, *Varzea bistriata*, *Gonatodes humeralis*, *Kentropyx pelviceps* y *Bothrops atrox* (Stroud, 2015, Cárdenas et al., 2019, Uetz, 2022).

### 2.3.9.2 Conservación

Diversas tortugas como la *Podocnemis erythrocephala*, que se caracteriza por tener una cabeza grande descrita por el naturalista Spix en 1824; la *Podocnemis expansa*, conocida como la tortuga del Amazonas o charapa, catalogada por el naturalista Schweigger en 1812; la *Podocnemis sextuberculata*, con seis tubérculos en su caparazón, caracterizada por el zoólogo Cornalia en 1849 y la *Podocnemis unifilis*, descrita por el zoólogo Troschel, en 1848, aunque no figuran en las listas nacionales brasileñas de especies amenazadas (e.g. Gobierno do Estado do Pará, 2007, MMA, 2014) están en las listas de especies amenazadas de la UICN y de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Silvestres Amenazadas (CITES) (Tabla 2.5).

**Tabla 2.5** Especies de reptiles amenazadas y clasificadas según la CITES

Taxón	Categoría de amenaza en Brasil MMA/2014	UICN	CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Silvestres Amenazadas)
<i>Caretta caretta</i>	EN	-	I
<i>Chelonia mydas</i>	VU	VU	I
<i>Dermochelys coriácea</i>	CR	VU	I
<i>Eretmochelys imbricata</i>	CR	CR	I
<i>Lepidochelys olivácea</i>	EN	-	I
<i>Podocnemis erythrocephala</i>	DD	VU	II
<i>Podocnemis expansa</i>	NT	-	II
<i>Podocnemis sextuberculata</i>	NT	VU	II
<i>Podocnemis unifilis</i>	NT	VU	II

**Nota.** Siglas en inglés de CR: En peligro crítico. VU: Vulnerable. EN: En peligro. DD: Datos insuficientes. NT: Casi amenazada.

Fuente: CITES.

## 2.3.10 Mamíferos

### 2.3.10.1 Diversidad

El grupo de los mamíferos de la Amazonía tiene una alta riqueza de especies (Simmons y Voss, 1998, Gardner, 2008, Bonvicino y Wesksler, 2012, Patton *et al.*, 2015). Se han documentado alrededor de 140 géneros y alrededor de 425 especies (Mittermeier *et al.*, 2003), de las cuales se registraron en Colombia 265 especies, Perú 292, Brasil 468 (Pacheco *et al.*, 2009, Aguirre *et al.*, 2019, Morales-Martínez, 2021, Quintela *et al.*, 2020).

Sin embargo, estos datos están subestimados debido a la falta de conectividad de algunas áreas naturales protegidas y a los grandes vacíos de información en varios órdenes, como es el de Chiroptera y Rodentia, presentando el mayor número de especies en comparación con otros grupos. La diversidad de mamíferos en el Amazonas se caracteriza por la cantidad de especies carismáticas o llamativas y el elevado nivel de endemismo. Según Solari *et al.*, (2012), se encontraron 10 géneros endémicos y 144 especies.

Esta gran riqueza de especies está distribuida según los diferentes ecosistemas, no obstante, la diferencia en hábitat y otras características ecológicas implican una distribución y abundancia desigual, además de la determinante presencia antrópica y la influencia sobre las poblaciones y comunidades, debido a los asentamientos humanos, cacería, deforestación y demás amenazas (Aliaga-Rossel *et al.*, 2022, Exbrayat *et al.*, 2017).

### 2.3.10.2 Conservación

Dentro de la Amazonía se encuentran enclaves importantes con diferentes características, es decir, áreas geográficas específicas de gran importancia biológica por la presencia de especies endémicas, únicas o amenazadas, que dependiendo del lugar en que nos encontremos, en cualquiera de los Países Miembros de la OTCA, tendrán similitudes y diferencias en climas, composiciones geomorfológicas (Ibisch & Mérida, 2003), que establecerán un determinado tipo de vegetación, la cual a su vez es usada y habitada por diferentes especies, entre ellos mamíferos altamente especializados o relacionados con hábitats similares, y otros mamíferos que son capaces de ocupar varios tipos de hábitat y los que de acuerdo al lugar donde se encuentren, enfrentan problemáticas variadas, algunas parecidas y otras diferentes en cada región.

Cada país tiene un estudio del estado de la biodiversidad de mamíferos (Solari et al., 2012) y dentro de esto las características de su distribución a nivel político y del grado del estado de conservación, al menos con las especies más trabajadas.

Con base en esta recopilación de información se verán los rangos de distribución de muchas de las especies endémicas, además de los recursos para acceder a la información trabajada por especialistas (Burgin et al., 2018). Se tomarán en cuenta dos puntos importantes: el primero, la organización política de cada País Miembro de la OTCA, y el otro, desde el punto de vista de las ecorregiones o biomas compartidos dentro de lo que conocemos como la Amazonía. La información presentada estará soportada en los datos de los países y en lo que se está trabajando en las bases de datos de mamíferos y respectivas revisiones bibliográficas actuales (Marsh et al., 2022). Esto sumado a las acciones locales que se hacen y pueden hacerse en cada país, y también para determinar qué iniciativas pueden unir a dos o más naciones, que tengan las distribuciones de especies únicas y dependientes de ciertos ecosistemas en la Amazonía.

La Amazonía se encuentra en la región Neotropical, una de las zonas más diversas en vida animal y vegetal (Mares & Schmidly, 1991). La región Neotropical es una de las zonas con mayores endemismos (Pennington et al., 2010), la cual se constituye en una importante influencia para la parte Amazónica (Myers et al., 2000, Mittermeier et al., 2011). Al hablar de endemismos nos basaremos en distribuciones locales dentro del contexto de división política y regional. Con el término endemismo, nos referimos también a la designación de una especie o de agrupaciones taxonómicas más grandes como géneros, familias u órdenes (Feldhamer et al., 1999). Por ejemplo, una especie de roedor, marsupial, murciélagos, insectívoro, mono o carnívoro mediano puede tener un endemismo muy restringido. (Glanz & Anderson, 1990, Rodríguez-Mahecha, 2006, Tirira, 2007, Pacheco et al., 2009, Sánchez y Lew, 2012).

Marsh et al., (2022) facilitan una base de datos de información y patrones de distribución (<https://mol.org/species/>), con revisiones actuales y cercanas a los cambios taxonómicos que se tienen con las bases de datos de especies realizadas por la American Society of Mammalogy “Mammal diversity database” <https://www.mammaldiversity.org/index.html>).

### **Box 2.3.10.2.1 Endemismos de Mamíferos en Bolivia y Brasil**

Bolivia. La tendencia actual en el conocimiento de la biodiversidad hace que el número de especies se incremente (Aguirre *et al.*, 2019). De igual manera, las listas de especies endémicas han ido cambiando; en algunos casos aumentando (Siles *et al.*, 2013) y en otros, quedando pendiente la revisión de varios complejos de especies que podrían descartar o aumentar un endemismo, sobre todo a nivel político con base a los ambientes compartidos con países vecinos (Pardiñas *et al.*, 2015).

Las especies endémicas para Bolivia han estado representadas por tres grupos: Rodentia, Didelphimorphia y Primates para el Libro Rojo de los vertebrados de Bolivia. La última lista actualizada de mamíferos de Bolivia (Aguirre *et al.*, 2019) menciona 25 especies de mamíferos endémicos, adicionando al orden Chiroptera con *Micronycteris yatesi*. En Bolivia, estas especies son endémicas sobre todo de hábitats con barreras geográficas, localizadas en la cordillera de los Andes, como en la zona de los Yungas (MMAYA, 2009, Salazar-Bravo & Yates, 2007) o los bosques secos interandinos (Glanz y Anderson, 1990, Siles *et al.*, 2013). Así, para el orden Rodentia: 13 especies endémicas son registradas para Bolivia (Aguirre *et al.*, 2019) de las cuales ocho, tienen distribución estricta en la Amazonía. En cuanto al orden Didelphimorphia, se encuentra la especie *Monodelphis sanctarosae*, que proviene de Santa Rosa de la Roca en el departamento de Santa Cruz, endémica de la región de la Chiquitanía, al este del departamento de Santa Cruz (Aguirre *et al.*, 2019). Respecto al orden Primates, se presentan dos especies endémicas de monos en Bolivia, el Lucachi cenizo (*Plecturocebus modestus*) y el Lucachi rojizo (*P. ollalaee*), ambos con una distribución cercana en el Departamento de Beni, habitan los bosques amazónicos preandinos y sabanas anegadas inundables (Wallace *et al.*, 2010, Aguirre *et al.*, 2019, Wallace *et al.*, 2013).

Brasil. La diversidad biológica de Brasil es una de las mayores del planeta (Ávila-Pires & Oliveira, 2014), con tendencia a aumentar debido al número de especies conocidas a partir de los trabajos de inventarios, análisis citogenéticos y moleculares. (Reis *et al.*, 2006, Valsecchi *et al.*, 2017, Chiquito *et al.*, 2021). Brasil tiene la mayor extensión de la Amazonía en relación con los demás países. Con relación a toda esta variabilidad, lo cierto es que alrededor de un 43% de todo el país (Tabarelli *et al.*, 2002) es considerado como Amazonía. La Amazonía contiene la mayor riqueza de especies de mamíferos del Brasil (Paglia *et al.*, 2012, Mendes-Oliveira *et al.*, 2015, Lopes *et al.*, 2019).

Aún existen grandes lagunas en el conocimiento de la riqueza de mamíferos en la Amazonía (Silva *et al.*, 2001, Lopes *et al.*, 2019), como lo demuestra el descubrimiento de nuevas especies (Valsecchi *et al.*, 2017). Actualmente, cerca de 500 especies de mamíferos están descritas para la Amazonía brasileña, la mitad de las cuales son endémicas (Mendes-Oliveira *et al.*, 2015, Lopes *et al.*, 2019, Santos *et al.*, 2020), con énfasis en especies de los órdenes Primates, Chiroptera, Didelphomorphia y Rodentia (Paglia *et al.*, 2012, Mendes-Oliveira *et al.*, 2015, Lopes *et al.*, 2019).

### **Box 2.3.10.2.2 Los Delfines de Río**

Entre las numerosas especies presentes en el Amazonas, los endemismos y la diversidad reflejan procesos evolutivos únicos, este es el caso de los delfines de río. Son especies carismáticas de gran importancia biológica, ecológica y parte integral de la cultura de los pueblos indígenas en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco (Trujillo *et al.*, 2011). Están distribuidos en los ríos de la cuenca Amazónica; en la subcuenca del Iténez y Mamoré, en Bolivia, se encuentra *Inia boliviensis*. En Brasil, Perú, Colombia y Ecuador: *Inia geoffrensis* y *Sotalia fluviatilis* y también en Brasil: *Inia araguaicensis*. Conocidos como botos en Brasil, y bufeo en todos los otros países. El bufeo boliviano es muy parecido a *Inia geoffrensis*. Las diferencias son genéticas, aunque tendrían diferencias con su capacidad craneal menor (Emin-Lima, *et al.*, 2022). Por otro lado, *Sotalia fluviatilis*, conocido como delfín gris en la Amazonía de Perú, Ecuador y Colombia, y tucuxi en Brasil, es uno de los delfines más pequeños del mundo (Gómez-Salazar *et al.*, 2010). Los bufeos están presentes en todos los hábitats acuáticos, desde los ríos principales, tributarios, lagunas, confluencias y el bosque inundado, variando en sus poblaciones en cada río (Aliaga-Rossel y Guizada, 2020). A pesar de ser especies carismáticas y con un atractivo turístico importante, el género *Inia*, se encuentra seriamente amenazado (da Silva *et al.*, 2018), por lo que se requieren medidas urgentes para mantener sus poblaciones.

## **2.4 Análisis de Tendencias de las Estrategias para la Conservación de la Biodiversidad en la Amazonía**

Los estudios señalan que, en 2002, el 47% de la Amazonía se encontraba bajo algún tipo de presión humana (Imazon, 2002). La mayor parte de los bosques en riesgo de deforestación se concentran en Pará (67%) y Mato Grosso (13%). El 59% de estas áreas son privadas, baldías o en conflicto de propiedad, mientras que el otro 25% se encuentra dentro de asentamientos de reforma agraria. Las reservas concentran el 16% de las áreas en riesgo de deforestación.

Los bosques degradados en la Amazonía Legal de Brasil sumaron 371 kilómetros cuadrados en julio de 2022, lo que representa un aumento del 1.059% respecto a julio de 2021, cuando la degradación detectada fue de 32 kilómetros cuadrados. En julio de 2022, se detectó la degradación en Mato Grosso (56%), Pará (19%), Acre (14%), Amazonas (7%) y Rondônia (4%). En julio de 2022, la mayoría (62%) de la deforestación ocurrió en áreas privadas o bajo varias etapas de tenencia. El resto de la deforestación se registró en Asentamientos (25%), Unidades de Conservación (11%) y Tierras Indígenas (2%). (Imazon, 2022).

Por varios años se ofrecieron incentivos gubernamentales para la exploración del bosque Amazónico y se abrieron caminos para facilitar el desarrollo de la región. Sin embargo, la ocupación y el desarrollo de la región trajeron destrucción al bioma. En las últimas décadas, la deforestación en la Amazonía se intensificó significativamente y sus consecuencias son percibidas por las poblaciones locales, directamente afectadas, pero también a nivel nacional y mundial.

Las estrategias para contener la pérdida de la biodiversidad y propiciar su conservación se basan históricamente en el establecimiento de áreas protegidas, definidas en diferentes categorías y denominaciones por los distintos Países Miembros de la OTCA.

La conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica ha sido una preocupación de la humanidad, prueba de ello es la conservación de bosques realizada por las comunidades étnicas y tribales en la Amazonía y en otros lugares del planeta. Sin embargo, desde hace décadas se puso en evidencia que el planeta se estaba transformando de manera acelerada existiendo indicios de afectación a la naturaleza por procesos urbanísticos, contaminación, desarrollo industrial, entre otros, hechos que también ponían en riesgo el bienestar de la sociedad.

Por tales razones, los Estados como responsables de velar por el bien común, iniciaron el proceso sistemático de conservación de la naturaleza para todos los habitantes de sus naciones. Fue así como en 1940, los gobiernos del continente reunidos en la Convención para la Protección de la Flora, Fauna y las Bellezas Escénicas de América, en Washington, acordaron la protección y conservación de la naturaleza en extensas áreas de sus territorios, mediante la creación de Parques Nacionales, Reservas Nacionales, Monumentos Naturales o Reservas de Regiones Vírgenes, que no serían explotados comercialmente, sino orientados a la conservación de la biodiversidad, educación e investigación (OEA, 2020).

Ese fue el origen de la creación de los Sistemas de Parques en todo el continente, concebido inicialmente como una obligación de los Estados en el nivel nacional, proceso que ha evolucionado en el tiempo, acorde con los nuevos conocimientos, desafíos y compromisos asumidos en la Convención de Río de Janeiro de 1992, donde se estableció el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), tratado jurídicamente vinculante, ratificado por 196 países que se comprometieron a lograr los siguientes objetivos: la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa de los beneficios resultantes de la utilización de los recursos genéticos, los cuales pueden alcanzarse mediante estrategias de conservación *in situ* o *ex situ*.

Una de las estrategias para la conservación de la naturaleza son las Áreas Protegidas (AP) tipificadas como “área definida geográficamente que haya sido designada o regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación” (artículo 2, CDB).

En 2003, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) realizó el V Congreso Mundial de Parques Nacionales en Durban, Sudáfrica, donde se llamó la atención sobre la necesidad de ampliar y fortalecer los sistemas de áreas protegidas en todo el mundo, estableciendo prioridades en función de las amenazas inminentes para la biodiversidad y el patrimonio natural y cultural; asimismo, incorporar las áreas protegidas en los programas generales de desarrollo para atraer un amplio apoyo intersectorial de los gobiernos, las comunidades y el sector privado, con el fin de asumir el compromiso de reconocer la relación indisociable entre las personas y las áreas protegidas, respetando plenamente los derechos, intereses y aspiraciones de las mujeres y los hombres, entre otros aspectos (UNEP, CDB, 2003).

Posteriormente en 2004, en la Séptima Conferencia de las Partes (COP7) del Convenio sobre Diversidad Biológica realizado en Kuala Lumpur (Malasia), se hizo evidente que la conservación de la biodiversidad no era un asunto exclusivo de los Estados, sino que debía contar con el concurso de la sociedad civil, las comunidades étnicas y debía desarrollarse en las escalas nacional, regional y local. Por tal motivo, en la Decisión VII/28 de la Conferencia se acogió el Programa de Trabajo de Áreas Protegidas, cuyo objetivo fue “apoyar el establecimiento y mantenimiento, para 2010, de las áreas terrestres y para 2012, las marinas, de sistemas nacionales y regionales integrales, efectivamente gestionados y ecológicamente representativos de áreas protegidas, que colectivamente, a través de una red global contribuyan al logro de los tres objetivos del Convenio y a la meta 2010 de reducir significativamente, el ritmo actual de pérdida de la biodiversidad a nivel mundial, regional, nacional y subnacional, y contribuir a la reducción de la pobreza y la búsqueda del desarrollo sostenible” (CDB, 2004).

En 2018, el Convenio sobre la Diversidad Biológica adoptó la Decisión 14/8 Áreas protegidas y Otras Medidas Efectivas de Conservación (OMEC) basadas en áreas donde se reconoce que existen diversas formas, tipos y subtipos de gobernanza acordes con diferentes contextos y marcos jurídicos y de derecho consuetudinario; y que también existen otras estrategias y denominaciones de conservación *in situ*, que no son necesariamente áreas protegidas, pero que contribuyen a la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, por esto el CDB anima a fortalecer y trabajar en los sistemas de áreas protegidas y OMEC (UNEP, CDB, 2018).

De este modo, se destaca que los países de la Cuenca/Región Amazónica tienen una larga trayectoria en la conservación de la biodiversidad y diferentes grados de desarrollo en el relacionamiento con las comunidades locales, la academia y los sectores productivos, enfoques acordes con sus contextos particulares (políticos, técnicos, normativos, culturales). De esa forma, sus Sistemas de Parques Nacionales han evolucionado hacia Sistemas de Áreas Protegidas, para lo cual han definido sistema de categorías de áreas protegidas y establecido de sistemas de gobernanza. En el Anexo No. 1 se encontrará información sobre las áreas protegidas en los países amazónicos. También, se comentarán brevemente estas categorías, agrupadas según sus similitudes en cuanto a sus configuraciones y arreglos institucionales.

## 2.4.1 Reservas de la Sociedad Civil

Las reservas naturales de la sociedad civil o reservas privadas son una forma de conservación de la Cuenca/Región Amazónica bajo el cuidado de su gente y no de los entes gubernamentales. El rol e impacto en la conservación de los diferentes ecosistemas amazónicos y su biodiversidad no han sido claramente identificados y muchas veces estos aportes no aparecen en los informes que los diferentes países hacen de la conservación de su biodiversidad. Su principal actividad económica es el ecoturismo, por lo que la conservación de su biodiversidad es uno de sus mayores activos.

Los Países Miembros de la OTCA cuentan con reservas de la sociedad civil, pero según la revisión realizada, Bolivia, Guyana, Suriname y Venezuela no reportan reservas para la región Amazónica; mientras que sí disponen de ellas: Brasil, Colombia, Ecuador y Perú.

El país con mayor área de reservas de la sociedad civil en la región es Brasil, que cuenta con 1.567 Reservas Particulares de las cuales 14 existen en la Amazonía, conservando 879,8 hectáreas (ICM-Bio, 2022), con un rol importante en el ecoturismo y la conservación.

Perú cuenta con 147 reservas de la sociedad civil, denominadas áreas de protección privada, reconocidas por el Ministerio del Medio Ambiente. De esas, 19 están en la Amazonía. En Ecuador, citan una reserva privada llamada Tamandúa de 70 hectáreas en la región Amazónica.

En Colombia, las Reservas de la Sociedad Civil son una figura contemplada en su Constitución Política, como una forma de tenencia de la tierra y de conservación (Ley 99 de 1993, artículos 109 y 110). Leticia es uno de los municipios del departamento del Amazonas en Colombia. Posee una extensión de 5.968 km<sup>2</sup> y una densidad poblacional de 8,2 habitantes/ km<sup>2</sup> (Alcaldía de Leticia, 2020). Allí se encuentra localizado el Parque Nacional Natural Amacayacu como principal figura de conservación del municipio, pero también existen 29 reservas de la sociedad civil, que abarcan unas 700 hectáreas de bosque primario y secundario, y que de forma particular ejercen actividades de conservación. Aun cuando en diferentes reservas se han realizado inventarios de flora y fauna, es poca la información que ha sido publicada o referenciada.

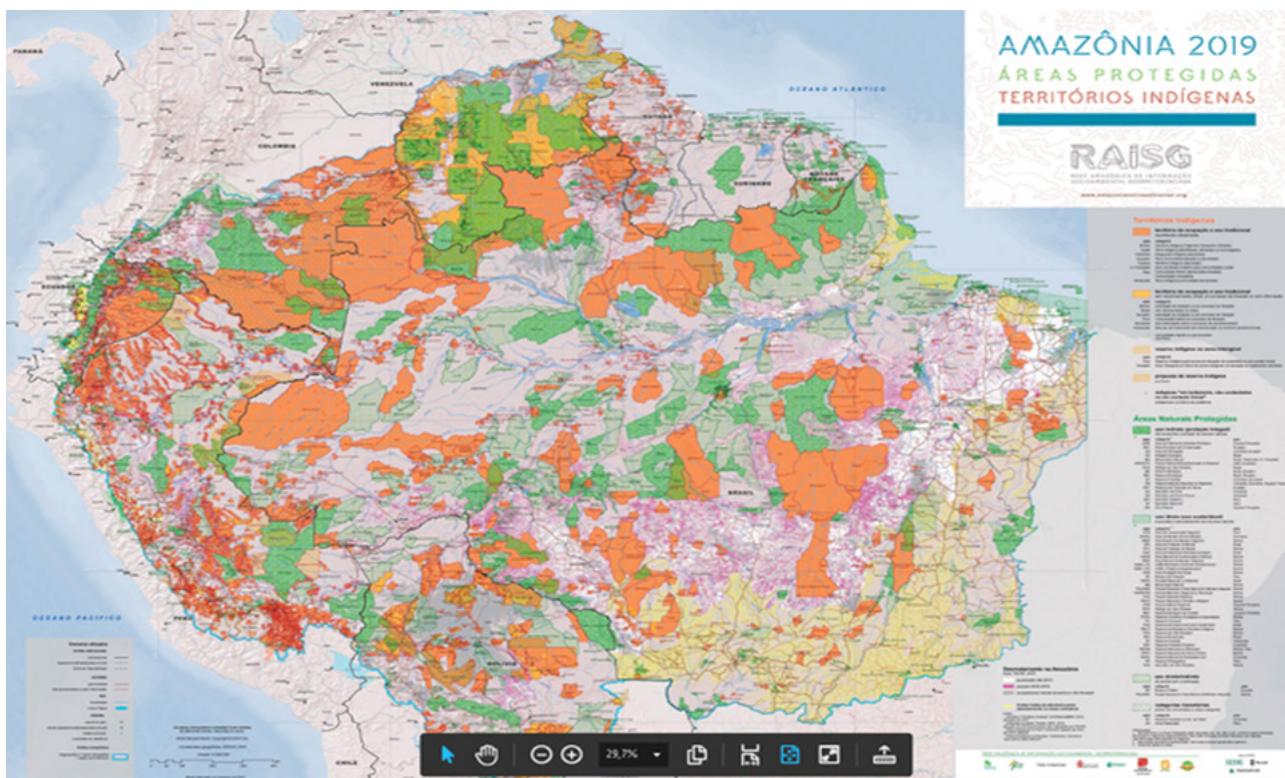
Tal vez de todas las reservas de la sociedad civil del municipio de Leticia, la que posee la sede de la Universidad Nacional de Colombia es la que reporta de forma más precisa, los aportes que una reserva de la sociedad civil puede hacer en la conservación de la biodiversidad Amazónica (Vliet et al., 2019). Esta reserva tiene una extensión de 15.2 hectáreas, en la cual se han identificado 171 especies vegetales, con una significativa recuperación del bosque pantanoso.

En términos de fauna, se han reportado 10 especies de peces, 178 especies de artrópodos de 49 familias diferentes, en donde se destaca la presencia de 166 especies de mariposas, 27 especies de mamíferos, incluyendo ocelotes (*Leopardus pardalis*) y Tairas (*Eira barbara*), y 208 especies de aves pertenecientes a 44 familias, incluyendo especies migratorias y especies categorizadas con algún nivel de amenaza, como *Ramphastos tucanus* en categoría de Vulnerable (VU) y *Pyrilia barrabandi*, catalogada en estado de Casi Amenazado (NT). Este es otro ejemplo relevante.

En las reservas de la sociedad civil de la zona, también se han llevado a cabo colectas y avistamiento de fauna, que han arrojado nuevos registros para Colombia y nuevas especies para la ciencia. En el caso de avistamientos de aves, para el departamento del Amazonas se han reportado 691 especies, de estas al menos 204 han sido reportadas en reservas de la sociedad civil (Ebird, 2022). En el listado general de sitios recomendados por Ebird para avistamiento de aves en el departamento del Amazonas, cuatro reservas de la sociedad civil están recomendadas entre los primeros 30 lugares: Mundo Amazónico, Reserva Tanimboca, Reserva Selva y Reserva Wochine. Algunos inventarios de peces realizados en la reserva La Arenosa, la cual contiene una porción de la quebrada Pichuna, arrojaron un total de 137 especies diferentes (Arbeláez, 2000, Castellanos, 2002).

En tres reservas de la sociedad civil también se han muestreado hormigas y termitas, de las cuales se han reportado 58 especies de hormigas de suelo que representan el 67,4% de la diversidad de hormigas de suelo de la zona. Se destaca además que en la reserva Tanimboca se encontró un registro de hormiga nuevo para Colombia: *Cyphomyrmex bicornis* (Castro *et al.*, 2018). En cuanto a las termitas, en las reservas de la sociedad civil se han registrado 46 especies, y entre el 13% y el 18% de las termitas de suelo reportadas para el departamento (Pinzón *et al.*, en prensa). Adicionalmente, en las reservas de la sociedad civil se obtuvo el primer registro de la termita *Embiratermes ignotus* para Colombia (Castro & Peña-Venegas, 2018), y uno de los ejemplares como una especie nueva de termita: *Acorhinotermes claritae* con distribución exclusiva en la cuenca Amazónica (Castro & Scheffrahn, 2019).

## 2.4.2 Unidades Federales de Conservación en Brasil



**Figura 2.14** Ubicación de áreas protegidas gubernamentales en la región Amazónica

Fuente: ISA, RAISG, acceso: septiembre de 2022.

Actualmente en Brasil existen 336 Unidades Federales de Conservación de las cuales 145 están ubicadas en la Amazonía Legal, región administrativa de Brasil, que comprende 9 estados de ese país. Estas unidades federales sumadas a otras 191 unidades estatales conforman una extensa red formada por 121 unidades de protección integral y 215 unidades de uso sustentable. Estas 336 áreas federales y estatales de la Amazonía Legal están ubicadas en un total de 338 municipios, beneficiándose directamente del reconocimiento y asignación de estos territorios a áreas de conservación, aprovechamiento sustentable, distribución de beneficios, turismo comunitario y ecoturismo.

Asimismo, hay 147 municipios con Unidades de Conservación de Protección Integral y 279 con Unidades de Conservación de Uso Sostenible en la Amazonía. Los estados con mayor porcentaje de municipios con áreas protegidas son Amazonas (94%), Roraima (93%), Acre (82%) y Amapá (81%), mientras que Tocantins presentó el menor porcentaje (33%), probablemente debido a su posición geográfica más alejada del centro del Bioma Amazónico (ISA, RAISG, acceso: septiembre de 2022).

Las unidades de conservación son instrumentos importantes para la protección de la biodiversidad, incluida principalmente la fauna en peligro de extinción. Brasil es responsable de gestionar la mayor biodiversidad del mundo. Hay más de 100.000 especies de invertebrados y aproximadamente 8.200 especies de vertebrados. De este total, 627 están catalogados como en peligro de extinción.

El Programa de Áreas Protegidas de la Amazonía (ARPA) es coordinado por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Fue creado en 2002 y actualmente representa la principal estrategia de conservación de la biodiversidad del Bioma Amazónico, siendo el programa de conservación de bosques tropicales más grande del mundo, a través de un innovador arreglo entre el gobierno federal de Brasil, agencias estatales e instituciones privadas y la sociedad civil. ARPA protege 114 unidades de conservación (UC) en la Amazonía brasileña, que representan más de 59,2 millones de hectáreas o el 15% de la Amazonía brasileña.

Existen innumerables amenazas e inseguridades que dejan las unidades de conservación en Brasil en una situación vulnerable, como la caza de animales silvestres, el fuego, la minería, la basura, las actividades agrícolas, las irregularidades en temas de tierras y la fragmentación. Actualmente, a estos factores, hay que agregar el desmantelamiento de las políticas ambientales, el debilitamiento de las agencias ambientales, la promoción de actividades mineras, la recategorización y desafectación de las unidades de conservación.

La construcción de carreteras y vías férreas también son en gran parte, responsables del aumento de la deforestación, ya que permiten el establecimiento de nuevos asentamientos humanos, pueblos y comunidades. En cuanto al avance de la deforestación, también hay que relacionar las carreteras que ya fueron iniciadas y cortadas o están a menos de 10 km del 41% del área del bosque amazónico en Brasil.

En las áreas protegidas se encontraron 280 mil km de caminos, el 8% del total en la Amazonía, ubicadas principalmente en las unidades de conservación, 184 mil km (5%), y en tierras de pueblos indígenas, 91 mil km (3%) (Imazon, 2022). A mediados de 2022, se está discutiendo un proyecto para construir una carretera en el Parque Nacional Serra do Divisor, en el suroeste de Acre en Brasil, lo que representa una amenaza para la biodiversidad y la calidad de vida de la población indígena, al igual que la carretera del Territorio Indígena y Área Protegida Isiboro Séure en Bolivia.

Los estudios indican que el cambio climático puede afectar la distribución de las especies de árboles y la supervivencia de ciertas especies de animales, poniendo en riesgo la efectividad de las áreas protegidas. Lapola *et al.*, 2019, refuerzan su importancia para mitigar los efectos del cambio climático, ya que los bosques amazónicos representan un gran stock de carbono y mantienen el funcionamiento del ecosistema, preservando polinizadores, recursos hídricos, servicios ligados a nuestras necesidades básicas y seguridad alimentaria. Es fundamental garantizar la protección de los biomas de cada uno de los diferentes Países Miembros de la OTCA para asegurar una mayor conectividad entre las Unidades de conservación.

### **Box 2.4.2.1 Otras Categorías de Unidades de Conservación en Brasil**

Bajo el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), se entiende que un espacio protegido puede ser considerado un área protegida. Por su parte, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), aunque no universalmente aceptado por la comunidad científica y política internacional, reconoce que la definición de áreas protegidas incluye tanto Unidades de Conservación como Tierras Indígenas y Territorios Quilombolas (comunidades de esclavos negros que resistieron el régimen esclavista durante más de 300 años y fue abolido en 1888, en Brasil). El Instituto Nacional de Colonización y Reforma Agraria (Incra), por Decreto No. 4.887 de 2003, es el organismo federal encargado de la demarcación y titulación de las tierras quilombolas en el país. La Fundación Cultural Palmares es el organismo encargado del mantenimiento y conservación del patrimonio cultural quilombola. Existen comunidades quilombolas en al menos 24 estados de Brasil.

Según el proyecto Nueva Cartografía Social Brasileña, más de 1.000 comunidades quilombolas fueron mapeadas en la Amazonía Legal. De otra parte, se cuenta con los sitios declarados como Humedales de Importancia Internacional bajo la Convención Ramsar. Permiten la acción nacional y la cooperación internacional en relación con la conservación de estas áreas y el uso sostenible de sus recursos. Actualmente, Brasil ha promovido la inclusión de veinticuatro Unidades de conservación y tres Sitios Regionales Ramsar, sumando hasta 27 sitios en la Lista Ramsar, ocho de éstos localizados en la Amazonía.

### **Box 2.4.2.2 Instrumentos de Gestión Territorial. Mosaicos de Áreas Protegidas en Brasil**

Los Mosaicos de Áreas Protegidas o Unidades de Conservación son un instrumento de gestión territorial que busca la participación, integración e involucramiento de los gestores de las unidades de conservación y de la población local en su gestión, con el fin de conciliar la presencia de la biodiversidad, la valorización de la sociodiversidad y el desarrollo sostenible en el contexto regional.

En 2012, Gidsicki desarrolló un Protocolo para evaluar la efectividad del Manejo de Mosaicos en Áreas Protegidas en Brasil. Posteriormente, el Instituto Chico Mendes para la Conservación de la Biodiversidad (Agencia Federal del Medio Ambiente) adoptó la herramienta y comenzó a analizar los mosaicos identificados. Con este instrumento, los Consejos Asesores de los mosaicos pueden tener claridad sobre puntos de mejora y fortalezas y así avanzar en su efectividad.

Actualmente, hay 31 iniciativas de Mosaicos de Áreas Protegidas en marcha. En la Amazonía Legal fueron reconocidos oficialmente seis Mosaicos de Áreas Protegidas: Tucuruí, Complejo de Bosques Estatales del Río Gregorio, Apuí, Amazonía Sur, Bajo Río Negro y Oeste de Amapá y Norte de Pará, los cuales reúnen diferentes Unidades de Conservación, cubren diversos municipios y albergan diferentes pueblos indígenas y comunidades locales (Gidsicki, 2012).

#### **Box 2.4.2.3 Reservas de la Biosfera**

La Reserva de la Biosfera es otro instrumento de gestión territorial integrada, participativa y sostenible de los recursos naturales, cuyo fin es la investigación cooperativa, la conservación del patrimonio natural y cultural y la promoción del desarrollo sostenible. Fue creada por la UNESCO en 1972. Actualmente, forman parte 110 países, cada uno con sus correspondientes Reservas. Brasil cuenta con siete Reservas: Mata Atlántica, Cinturón Verde de São Paulo, Cerrado, Pantanal, Caatinga, Serra do Espinhaço y Amazonía Central, reconocidas por el Sistema Nacional de Unidades de Conservación (Ley 9985 del 18 de julio de 2000).

La Reserva de Biosfera Amazonía Central (RBAC) fue reconocida en 2001 y tiene una extensión territorial de 19.836.472 hectáreas, con 31 municipios en dos estados. Comprende las cuencas de los ríos Uatumã, Negro, Solimões, Japurá, Içá y Juruá, que incluyen sistemas de aguas negras y blancas con una enorme diversidad de paisajes acuáticos y terrestres de extraordinaria biodiversidad. El extractivismo y el turismo ecológico comunitario/pesquero son las principales actividades económicas desarrolladas. Su población tiene una gran diversidad cultural, como ribereños, indígenas y migrantes de otras regiones, y también socioeconómica, con presencia de pequeños productores rurales, extractivistas, pescadores, grandes terratenientes y empleados del Polo Industrial de Manaos.

En Bolivia, se cuenta con la Reserva de la Biosfera Estación Biológica del Beni y la Reserva de la Biosfera y Territorio Indígena Pilón Lajas. En Ecuador, con las siguientes reservas de la biosfera: Galápagos, Podocarpus, Archipiélago de Colón (Galápagos), Yasuni, Sumaco Reserva de Biosfera transfronteriza (Ecuador/Perú) (incluye la ex Reserva de Biosfera Bosque Seco).

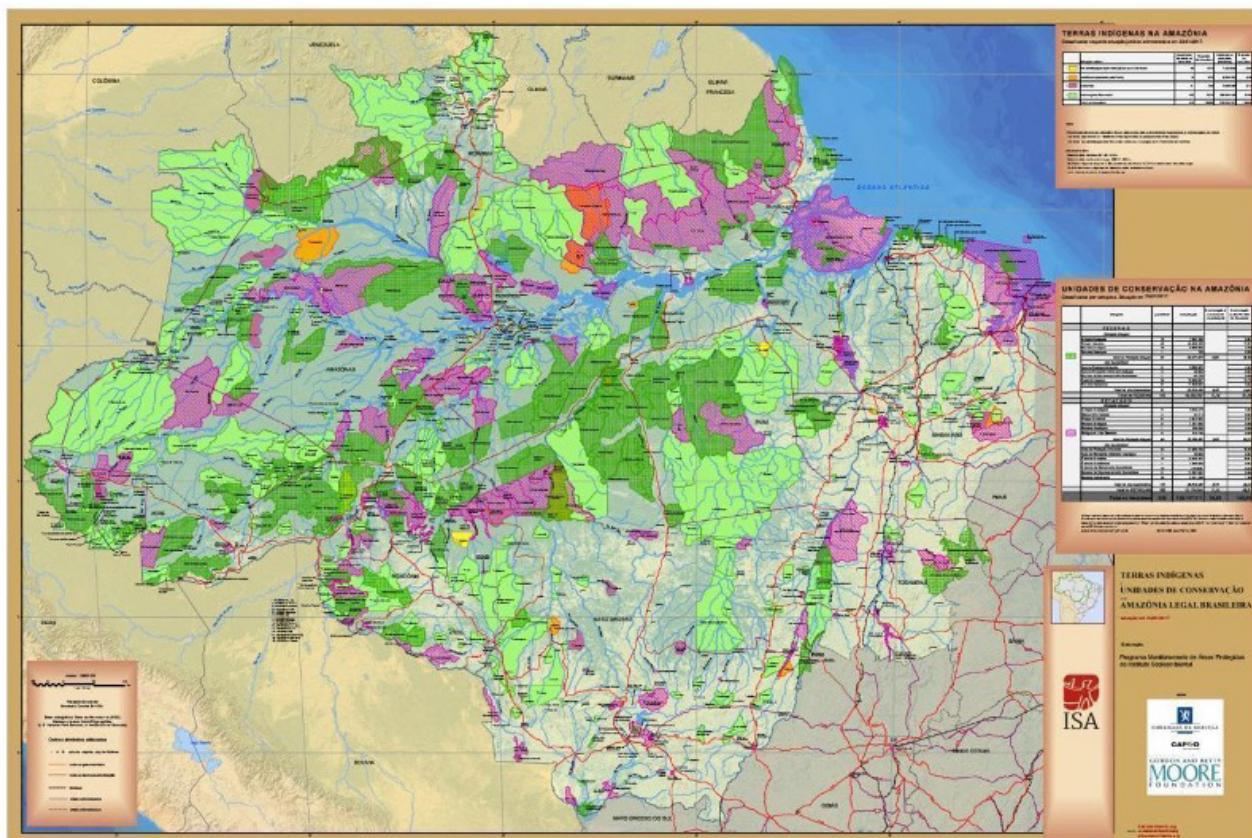
#### **Box 2.4.2.4 Corredores Ecológicos**

Es un instrumento de ordenación y planificación territorial, definido por el Sistema Nacional de Unidades de Conservación de la Naturaleza del Brasil (Ley 9985 del 18 de julio de 2000), con el objetivo de garantizar el mantenimiento de los procesos ecológicos en las áreas de conexión entre áreas protegidas, permitiendo la dispersión de especies, recolonización de áreas degradadas, flujo génico, es decir, el movimiento de genes entre poblaciones de una especie, y viabilidad poblacional. Se propusieron cinco corredores ecológicos para el Bioma Amazónico: Corredor Amazonas Central, Corredor Amazonas Norte, Corredor Amazonas Occidental, Corredor Amazonas Sur y Corredor Ecotono Amazonas Sur.

Sin embargo, sólo el Corredor Ecológico de la Amazonía Central ha sido reconocido y se encuentra en un nivel avanzado de implementación. Se estableció debido a su alta importancia para la conservación de la biodiversidad amazónica, ya que abarca varios ríos de primera magnitud, como: Jutaí, Japurá, Juruá, Solimões, Tefé, Negro, los cuales tienen diferentes tipos de ambientes acuáticos, como cientos de lagos inundables en tierra, y otros ríos menores, arroyos y el Paraná. Otro factor de suma importancia es la presencia de formaciones que datan tanto del período Terciario (tierras firmes y áreas de aguas negras) como del período Cuaternario (llanuras de inundación del Pleistoceno y Holoceno formadas por la deposición de sedimentos de aguas blancas).

#### **2.4.3 Territorios Indígenas**

Las Tierras Indígenas (TI) en Brasil son áreas importantes para la conservación de la biodiversidad regional y global, y fundamentales para la reproducción física y sociocultural de los pueblos indígenas. Es en la Amazonía donde se ubica el 98% del área total de TI demarcadas en el Brasil. Según la Organização Nacional dos Povos Indígenas do Brasil (OPI, 2023), las Tierras Indígenas en la Amazonía brasileña cubren una fracción significativa de la región (27% del área con bosques) (Figura 2.15), y albergan entre 420 (OTCA, 2021) y 511 grupos indígenas, de los cuales aproximadamente 66, se encuentran en aislamiento voluntario o contacto inicial, según la Coordinadora de Organizaciones Indígenas de la Cuenca Amazónica (COICA), s.f., citado en el Observatorio Regional Amazónico (ORA) de la OTCA, s.f.



**Figura 2.15** Unidades de Conservación de Tierras Indígenas en la Amazonía Brasilera

Fuente: ISA. <https://www.socioambiental.org/>

Las tierras indígenas y las áreas ocupadas por los pueblos originarios de la Amazonía, aun cuando no representen unidades formales de conservación, son responsables de retener gran parte del bosque en pie en sus territorios. Y en las regiones más devastadas de la Amazonía, pueden llegar a representar casi el 100% de los remanentes de selva en estos territorios.

#### **2.4.4 Planes de Acción para la Protección de Especies Amenazadas**

El Gobierno Federal de Brasil elabora los Planes Nacionales de Acción para la Conservación de Especies Amenazadas (PAN) o Patrimonio Espeleológico, que son políticas públicas consensuadas con la sociedad, que identifican y orientan acciones prioritarias para combatir las amenazas que ponen en riesgo las poblaciones de especies y ambientes naturales, y también para protegerlas. Actualmente hay 71 PAN, y muchas de estas especies amenazadas están protegidas dentro de unidades de conservación.

Iniciativas similares se están desarrollando en otros países de la Cuenca/Región Amazónica, como los Planes de Acción Nacionales para el Jaguar, el Oso Andino y el Delfín de río para la cuenca Amazónica en Bolivia. Asimismo, para el Tapir y el Jaguar en Perú, y la protección de los mamíferos acuáticos en el Ecuador.

Los Planes Nacionales de Acción para la Conservación de Especies Amenazadas (PAN) son instrumentos de gestión utilizados para priorizar e implementar acciones y políticas públicas para la conservación de especies y ambientes naturales. Estos son elaborados e implementados por una red de colaboradores, incluyendo especialistas, gestores públicos, sociedad civil organizada, representantes de sectores productivos y comunidades tradicionales, entre otros. En Brasil, el Instituto Chico Mendes para la Conservación de la Biodiversidad (ICMBio) es la agencia federal que organiza e implementa estos instrumentos.

ICMBio ha hecho un gran esfuerzo para planificar e implementar acciones para la conservación de especies en peligro de extinción. 94 especies de la nueva Lista (alrededor del 75%) ya están incluidas en el PAN. La mayoría de los PAN son relativamente recientes, con hasta 10 años, desde la publicación de su primera versión. (ICMBio, 2022)

La lucha contra el tráfico de animales es también una estrategia importante para la conservación y protección de las especies en peligro de extinción. Todos los Países Miembros de la OTCA son signatarios de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y trabajan juntos para combatir el tráfico de especies amenazadas.

#### **2.4.5 Pago por Servicios Ambientales**

A nivel mundial, las principales acciones que se han desarrollado para la lucha contra el cambio climático y sus efectos sobre la biodiversidad se enfocan en mecanismos de Pago Internacional por Servicios Ambientales (PISA), para unir proveedores y beneficiarios que residen en diferentes países.

Uno de los principales instrumentos desarrollados en el marco del Protocolo de Kyoto es el secuestro de carbono, realizado a través de proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), los cuales contemplan proyectos de reforestación. La reducción de emisiones provenientes de la deforestación y degradación (REDD, sigla en inglés), que incluye la deforestación evitada, es otra alternativa internacional que ha comenzado a tomar fuerza en la agenda mundial de discusión sobre mecanismos de mitigación y adaptación al cambio climático y que se espera pueda ser concretado.

## 2.4.6 Manejo de Ecosistemas

Los ecosistemas que tienen un equilibrio de autogestión, incluyendo funciones, procesos y dinámicas ecosistémicas, contribuyen al bienestar humano a través de los servicios que pueden brindar, tales como la provisión de agua y alimentos a través de la fauna y la flora, la regulación del clima, la calidad del agua, el control de la erosión, apoyo cultural a través del turismo y la recreación, entre otros.

De esta manera, la gestión de los ecosistemas debe buscar un enfoque de la gestión de los recursos naturales que destaque la importancia de la biodiversidad y los ecosistemas para la sociedad, así como advertir sobre los daños que ocasionan las pérdidas que pueden ocurrir a través de su degradación y destrucción (PNUMA, 2022).

La gestión de los ecosistemas tiene como objetivo ser sostenible a partir de la administración del ecosistema, para obtener beneficios económicos, sociales y ambientales, respetando los mecanismos de sostenimiento del medio ambiente gestionado. A través de un plan de manejo previamente elaborado con base en estudios científicos y sociales sobre el lugar a manejar, se logró el aprovechamiento de múltiples especies maderables, productos no maderables y subproductos, así como de fauna para la alimentación (ej. peces, caimanes) y el uso de otros bienes y servicios ecosistémicos. Con esto, la gestión de los ecosistemas debe unir el enfoque ecosistémico para mejorar el bienestar humano y promover el desarrollo sostenible, manteniendo el equilibrio y la resiliencia del ecosistema.

Otro punto importante de atención en la ejecución de proyectos de manejo, especialmente en la Amazonía, es considerar las características climáticas e hidrológicas locales. La estacionalidad actual, configurando un ciclo natural de crecida-crecida-sequía-sequía de los ríos, influye y regula especies de fauna y flora acuáticas y terrestres, las cuales tienen sus patrones de migración, reproducción y alimentación íntimamente relacionados con los diferentes niveles del río. Por lo tanto, cualquier actividad de manejo de recursos naturales en estas áreas debe tener esto en cuenta (Vidal, 2010).

En la Cuenca/Región Amazónica existen varios proyectos de manejo de ecosistemas, ya sea de flora o fauna, destacándose algunos por su efectividad y buenos resultados con la población local.

#### 2.4.6.1 Restauración Ecológica

El año 2021 marcó el inicio de la Década de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas (2021-2030), una iniciativa global que tiene por objeto incrementar a gran escala la restauración de los ecosistemas degradados y destruidos, como medida de probada eficacia para luchar contra el cambio climático y mejorar la seguridad alimentaria, el suministro de agua y la biodiversidad. Objetivo: restaurar 350 millones de hectáreas degradadas para el 2030. Hecho que coincidió con la realización de la COP 26 en noviembre de 2021 en Glasgow, Escocia. Ambas iniciativas reconocen la importancia de la restauración de los ecosistemas para proteger la biodiversidad y promover el desarrollo sostenible.

Por eso es de resaltar que, evitar la deforestación y mantener la integridad de los bosques son las estrategias más económicas y eficientes para garantizar los servicios ecosistémicos y reducir las emisiones globales.

Sin embargo, cuando estas estrategias fallan, la restauración forestal es la mejor alternativa recomendada. La restauración de los paisajes forestales es un mecanismo para restablecer las funciones ecológicas del bosque y la productividad de la tierra, ampliar la oferta de productos forestales maderables y no maderables, los servicios ambientales, la conservación de la biodiversidad, generar trabajo, ingresos y brindar bienestar. En el escenario post-COVID-19, su importancia es aún mayor.

El aprovechamiento económico sostenible de los bosques nativos y restaurados representa oportunidades para el desarrollo de innovaciones tecnológicas y cadenas productivas capaces de atraer capital privado y fortalecer la industria de la región, generando empleos e ingresos sin deforestar y degradar los bosques. (Aliança para a restauração da Amazônia, 2020).

De hecho, la regeneración natural ha sido identificada como una estrategia importante y viable para escalar la restauración ecológica y contribuir al cumplimiento de los diversos acuerdos y compromisos internacionales asumidos por los Países Miembros de la OTCA.

La permanencia de estas áreas es fundamental y debe ser asegurada. La Alianza para la Restauración de la Amazonía es una iniciativa de la sociedad amazónica brasileña. Su misión es conectar múltiples actores como una estrategia de conservación integrada con beneficios socioeconómicos compartidos.

La Alianza está conformada por 85 instituciones miembros (gubernamentales, instituciones académicas y de investigación, empresas y sociedad civil, incluyendo asociaciones individuales). La Alianza para la Restauración en la Amazonía tiene varios frentes de acción y representa un esfuerzo que podría expandirse a los demás Países Miembros de la OTCA.

### **Box 2.4.6.1.1 Alianza para la Restauración. Caminos para Impulsar la Restauración en la Amazonía**

La Alianza para la Restauración de la Amazonía es una iniciativa multi institucional y multi-sectorial, establecida en 2017, cuyo objetivo general es promover, calificar y escalar la restauración de paisajes forestales en la Amazonía brasileña. Está integrada por 38 organizaciones no gubernamentales, cuatro asociaciones de comunidades tradicionales, siete instituciones gubernamentales, 12 instituciones amazónicas de investigación y 24 empresas.

La Alianza presenta 10 recomendaciones para fortalecer la conservación forestal y ampliar la escala de restauración:

1. Priorizar la implementación de compromisos internacionales y políticas nacionales.
2. Implementar los Programas Estatales de Regularización Ambiental (PRA).
3. Reglamentación del uso y gestión de áreas de regeneración natural.
4. Mejorar la operación de líneas de crédito.
5. Fortalecer las cadenas productivas sostenibles y la bioeconomía.
6. Crear y promover iniciativas de Pago por Servicios Ambientales (PSA).
7. Determinar áreas prioritarias para la restauración.
8. Invertir en enseñanza, investigación, desarrollo, innovación y extensión.
9. Ampliar la participación de mujeres, pueblos indígenas y comunidades locales en la restauración.
10. Promover redes y espacios de diálogo entre los sectores.

Fuente: (<https://aliancaAmazonia.org.br/>)

### **Box 2.4.6.1.2 Áreas Prioritarias para la Restauración del Bioma Amazónico en Brasil**

La restauración de ecosistemas es una poderosa herramienta que puede contribuir a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Herrick, 2019), además de actuar de manera efectiva para mitigar y adaptarse al cambio climático y conservar la biodiversidad. En el contexto de la Década de la Restauración de Ecosistemas (2021-2030) promovida por la ONU, en Brasil, la meta establecida a través del Plan Nacional de Recuperación de la Vegetación Nativa, e incluida en el compromiso brasileño con el Acuerdo de París, es recuperar 12 millones de hectáreas (Mha) de vegetación nativa en todos los biomas brasileños hasta 2030. La meta específica para el Bioma Amazónico prevé recuperar 4,8 millones de hectáreas para 2030.

Actualmente, las tres principales técnicas de recuperación aplicadas en la Amazonía son:

- a) Los Sistemas Agroforestales (SAF).
- b) La siembra de plántulas y semillas.
- c) La regeneración natural.

La combinación de estas tres técnicas también es posible. La recuperación forestal contribuye a aumentar las tasas de secuestro de carbono, a combatir el cambio climático y sus impactos. La recuperación forestal trae consigo potenciales beneficios sociales y económicos para la población a través de la generación de empleo e ingresos, mejora en la salud y bienestar de las personas, además de la valorización de la identidad cultural local (Fuente: <https://Amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2022/02/AMZ-29.pdf>)

### **2.4.6.2 Ejemplos Exitosos de Manejo de Ecosistemas**

#### **2.4.6.2.1 Programa de Manejo Forestal Comunitario en la Reserva de Desarrollo Sostenible de Mamirauá**

La Reserva de Desarrollo Sostenible de Mamirauá, monitoreada por el Instituto de Desarrollo Sostenible de Mamirauá (Tefé/AM), es un área forestal en el medio Solimões y un componente del Sistema Nacional de Unidades de Conservación, ubicada en el estado de Amazonas. El Programa

de Manejo Forestal Comunitario fue creado a fines de la década de 1990, luego de estudios exploratorios realizados entre 1993 y 1995, cuando se realizó un monitoreo anual de extracción de madera dentro de la Reserva Mamirauá, cubriendo parámetros vegetacionales como ubicación y número de árboles extraídos, especies, diámetro de árboles, y parámetros socioeconómicos como procedencia de cortadores y compradores, precios, entre otros, con el objetivo de conformar una base de datos de caracterización forestal para desarrollar un plan de manejo adecuado a la realidad local.

Este plan de manejo también tuvo como objetivo fortalecer las relaciones con los usuarios de la madera, investigando los conocimientos tradicionales existentes y fomentando el manejo forestal comunitario.

Actualmente, el Programa de Manejo Forestal Comunitario realiza cursos de capacitación a las comunidades locales sobre el uso sostenible y formas de aprovechamiento de los recursos maderables y no maderables, y aspectos de organización social, con excelentes resultados como valorización monetaria de productos maderables y no maderables mejorando el poder adquisitivo de las comunidades locales, además de conservar los recursos forestales y ecosistémicos.

Con este programa, el Instituto Mamirauá es pionero en la experiencia de implementación de manejo forestal comunitario y único en las zonas bajas de la Amazonía.

#### ***2.4.6.2 Proyecto para el Manejo de Recursos Naturales de Várzea - ProVárzea***

En 2000, el Instituto Brasileño de Medio Ambiente y Recursos Naturales Renovables (Ibama) inició el Proyecto ProVárzea con el objetivo de promover la conservación y gestión sostenible de los recursos naturales de las llanuras aluviales de la región central de la cuenca del Amazonas, con énfasis en los recursos pesqueros, ya que las áreas de las llanuras aluviales son consideradas una de las regiones más vulnerables de la Amazonía (IBAMA, 2002, Vidal, 2008).

Para aumentar su área de actuación, una de las acciones realizadas fue apoyar proyectos de manejo sostenible de ecosistemas desde el punto de vista social, económico y ambiental (Vidal & Thomé-Souza, 2008).

En los cinco años del proyecto, se desarrollaron sistemas innovadores para la gestión de los recursos naturales pesqueros y forestales, y para el fortalecimiento institucional y agrícola (Vidal, 2008), cubriendo 39 municipios, ubicados en los estados de Amazonas y Pará.

### **Estudio de caso 2.1 Manejo Participativo de Pesca en la Reserva Extractivista del Baixo Juruá**

Un estudio desarrollado en la Reserva Extractivista (RESEX) del Baixo Juruá, ubicada en el estado de Amazonas, investigó el conjunto de saberes, prácticas y creencias sobre el uso de los recursos naturales, principalmente peces, por parte de las poblaciones ribereñas de la RESEX, buscando comprender la eficiencia de la gestión que realiza la población local con los recursos naturales disponibles.

Como en otros lugares de la Amazonía, la pesquería comprende todas las actividades relacionadas con la captura, procesamiento y comercialización de los peces. Provee la principal fuente de proteína animal, tanto para el consumo como para la venta, lo que hace que su sustento dependa de las variaciones locales del nivel del río y de su conocimiento de la biología y ecología de las especies pescadas.

Evaluaciones realizadas durante un año en la RESEX, evaluando la cantidad de pescado, períodos de pesca, metodologías utilizadas por los pescadores, entre otros parámetros, se observó que los conocimientos tradicionales de las poblaciones locales combinados con estudios de técnicas de manejo son la mejor manera de producir un plan de gestión sostenible, sin la explotación depredadora de los recursos naturales, lo cual incluye el mantenimiento del estado de conservación de los bosques y la continuidad del uso sostenible de sus recursos con el objetivo de mejorar el bienestar y la calidad de vida de las poblaciones locales (Braga, 2012).

#### **2.4.6.3 Ejemplos Exitosos de Manejo de Especies**

### **Estudio de caso 2.2 Programa de Gestión Pesquera Sostenible**

El Programa de Gestión Pesquera Sostenible también ha sido muy eficiente en la conservación de especies de peces y caimanes, y en la obtención de alimentos e ingresos. En la Región Amazónica, los recursos pesqueros son considerados la principal fuente de proteína animal y de ingresos para las poblaciones ribereñas, por lo que la conservación de este recurso a través de su manejo sostenible es crucial para el bienestar de las poblaciones locales. Como ejemplo, podemos mencionar el manejo participativo de la pesquería de arapaima (*Arapaima gigas*), que ayudó a incrementar el stock natural de la especie en más del 400% en las áreas manejadas de la Reserva Mamirauá. (<https://www.mamiraua.org.br>).

#### **2.4.6.3.1 Cacería**

En la región Amazónica la cacería de subsistencia es fundamental para los pueblos indígenas, pues cubre varias necesidades importantes, principalmente la ingesta de proteína, la vestimenta, la medicina tradicional, y sus prácticas culturales, mitos y leyendas (Aliaga-Rossel, 2011, Pires & Galetti, 2023. Detalles en Capítulos 3 y 4.).

Sin embargo, la caza de subsistencia para abastecer la demanda de un mayor número de personas, sumada a la caza deportiva y a la caza por tráfico de vida silvestre, han provocado que muchas especies especialmente las denominadas “carne de monte” hayan reducido sus poblaciones drásticamente, causando diferentes alteraciones en densidades, poblaciones, o en el ecosistema (Pacheco, 2002, Aliaga-Rossel, 2011, Aliaga-Rossel *et al.*, 2022, Pires & Galetti, 2023).

Por otro lado, y bajo el apoyo de diferentes organizaciones se han consolidado acciones de caza sostenible mediante la propia regulación comunitaria de zonas de cacería, y la recuperación de especies como el pecarí labiado en la Amazonía peruana, o por actividades turísticas. Es el caso del ecoturismo étnico de la localidad de Mapajo, Chalalán, con zonas prohibidas de caza designadas por los propios pueblos indígenas en Bolivia. Este tipo de actividades, además de la protección del mismo hábitat son importantes para la seguridad alimentaria de los pueblos indígenas, especialmente por su alta dependencia del bosque.

## **2.5 Potencialidades de la Biodiversidad**

### **2.5.1 Valores Culturales de la Biodiversidad**

Los hongos hacen parte de la tradición de los pueblos indígenas, comunidades locales y otras tribales de la Cuenca/Región Amazónica. Sus usos se encuentran enmarcados en sistemas y prácticas tradicionales que han contribuido a la seguridad e independencia alimentaria, la salud, identidad cultural y economía de los pueblos amazónicos.

Además, han jugado un papel importante en la alimentación por sus características nutricionales y propiedades medicinales, y su contenido de nutrientes, minerales, vitaminas y aminoácidos esenciales de cada especie. En general, los pueblos indígenas de esta región dependen de la oferta de recursos del medio y de los ciclos de la naturaleza, practican la horticultura y complementan la obtención de recursos con la caza, la pesca y la recolección de productos silvestres como frutos, cogollos y en algunos casos, hongos.

El conocimiento tradicional de los pueblos indígenas es ahora fragmentario debido a los procesos de aculturación sufridos desde la llegada de los españoles y portugueses a la Amazonía. En Bolivia, Colombia y Perú la explotación del caucho a principios del siglo XX (1900-1910), diezmó muchas poblaciones indígenas, trasladó a los indígenas lejos de sus territorios ancestrales, produjo mezclas culturales y, por ende, una pérdida del conocimiento tradicional.

Posteriormente, el proceso de reconstrucción interna se vio interrumpido por la entrada de la actividad misionera a ciertas regiones de la Amazonía, causando la pérdida de las lenguas nativas y debilitando los procesos de transmisión oral del conocimiento tradicional a las nuevas generaciones.

Para los indígenas amazónicos los hongos son la “última vida de los palos” cuando un árbol muere, su “sustancia” o “alma” sale en forma de hongos (Vasco-Palacios, 2007). Brasil es el país que más ha explorado el conocimiento micológico de sus grupos étnicos amazónicos.

En 1968, Fidalgo publicó una revisión sobre el estado del tema en este país, encontrando un gran vacío de información que explica, no por la inexistencia de este conocimiento entre los pueblos indígenas, sino más por el desinterés de los investigadores y cronistas que han trabajado con ellos.

Este estudio sirvió como punto de partida para un gran número de investigaciones mostrando que, si bien los pueblos indígenas del Brasil no pueden ser considerados fuertemente micófilos como los mexicanos, sí existe un manejo de este recurso, y esto se ha encontrado también en otros países de la región Amazónica como Colombia, Venezuela, Perú y Ecuador.

Los estudios etno-micológicos son un campo de investigación enfocado en el conocimiento y uso de los hongos por diferentes comunidades en el mundo. Las investigaciones realizadas en Brasil, durante los años 60 y 70 registraron el consumo de hongos por los grupos Yanomami, Tucano, Nambiquara, Caiabi, Txucurramãe y Txicão (Fidalgo, 1967, Prance, 1973, Fidalgo & Prance, 1976, Fidalgo & Hirata, 1979). Por ejemplo, los indígenas Auarí y los Tototobí consumen 21 y 19 especies de hongos, respectivamente (Prance, 1984).

Los Yanomami (Samöma) utilizan 15 especies de hongos con fines alimenticios y otras con fines medicinales, además poseen un sistema nomenclatural con nombres específicos para algunas especies o prefijos para definir otras. Este pueblo ha desarrollado procesos internos de recuperación de su conocimiento tradicional alrededor de los hongos.

El resultado de este trabajo es la “*Enciclopédia dos Alimentos Yanomami*” trabajo que recopila recetas de 13 especies (*Lentinus spp.*, *Panus spp.*, *Favolus brasiliensis*, *Polyporus tricholoma*, *Favolus striatulus*, *Polyporus alveolares*, *Coriolus zonatus*, *Trametes ochracea*, *Pleurotus sp.*, *Pleurotus concavus*, *Favolus sp.*, *Lentinula raphanica*, *Polyporus aquosus*), correspondientes a 11 etnoespecies usadas en la alimentación (Sanuma *et al.*, 2016).

Además, los excedentes del autoconsumo son comercializados en mercados gourmet de Brasil. La venta de hongos tiene una gran importancia socioeconómica para el pueblo Yanomami debido a que los territorios donde viven se han visto fuertemente impactados por las dinámicas coloniales en la región, y los ingresos económicos que reciben son importantes para la adquisición de bienes manufacturados, necesarios para su supervivencia. Este modelo puede ser implementado en otras comunidades de la Amazonía que les permita aprovechar los recursos naturales de la región de una manera sostenible. (<https://culinarycultureconnections.com/blogs/producers/yanomami-mushrooms>).

En Venezuela, los Yanomami, Kariña, Makiritare (Yekuana) y Hotï usan hongos, este último pueblo utiliza 31 especies como fuentes de alimentación, poderosos medios de cacería, protectores contra magia negra, agentes medicinales o adornos corporales (Zent *et al.*, 2004, Zent, 2008).

En Guyana, Henkel y colaboradores (2004) registraron el uso de 17 especies de hongos por los indígenas Patamona, siendo seis de estas, nuevas para la ciencia. En esta zona, los indígenas usan 10 especies de hongos ectomicorrízicos como: *Clavulina tepurumenga*, *Boletelus ananas* y *Cantharellus guyanensis* y siete especies saprótrofos como *Macrocybe sp.*, *Lentinus crinitus* y *Lentinula boryana*.

En la Amazonía colombiana, los pueblos indígenas amazónicos que usan hongos son los Bora-Miraña y los Yukuna-Matapí, habitantes de las riberas del río Caquetá, quienes consumen esclerocios e hifas subterráneas, principalmente del género *Polyporus* (Mejía, 1987). De esta misma zona, se encuentran datos acerca del conocimiento micológico de los pueblos Uitoto, Muinane y Andoke (Franco-Molano *et al.*, 2005, Vasco-Palacios, 2006, 2008), que muestran la existencia de una relación de uso y manejo de este recurso.

En los tres pueblos se encontraron 53 especies conocidas (33 Uitotos, 29 Muinanes, 35 Andokes), distribuidas en 12 órdenes, 24 familias, 35 géneros de los Phyla Basidiomycota y Ascomycota, de las cuales 9 se utilizan como medicinales, 9 en la alimentación, 2 en la cultura material y 38 de importancia simbólica. Las especies utilizadas son saprótofas de madera y crecen principalmente en las chagras, como es el caso de *Lentinula raphanica*, *Lentinus crinitus*, *Lentinus scleropus*, *Lentinus strigosus*, *Lentinus concavus* y varias especies de *Auricularias* (Vasco-Palacios, 2007).

En Ecuador, Gamboa recopiló el uso de hongos entre 11 pueblos indígenas del país (Gamboa *et al.*, 2019), incluyendo los pueblos Kichwas, Secoyas-Pai’coca, Sionas-Bai’coca, Shuar Chicham, Shiwiar Chicham, Cofanes-A’ingae y Zaparas que habitan en la región Amazónica. Estos pueblos recolectan hongos que usan en la alimentación, entre los que se encuentran especies de los géneros *Auriculara*, *Lentinus*, *Pluerotus* y *Oudemansiella*; dos pueblos reportan el uso del hongo artropopatógeno *Ophiocordyceps melolonthae*.

El conocimiento varía mucho entre los pueblos, por ejemplo, el pueblo Kichwa usa 29 especies, mientras que los otros pueblos usan entre seis (6) y ocho (8) especies diferentes, excepto los Cofanes que solo reportan el uso de dos (2) especies.

Además de los pueblos indígenas, las poblaciones de colonos también usan el recurso fúngico en la alimentación, como las comunidades rurales ribereñas en la Amazonía peruana (Bardales, 1997, Vargas-Isla *et al.*, 2013).

El conocimiento que los pueblos indígenas tienen sobre los hongos es muy amplio, incluye un gran número de relaciones entre estos organismos y otros elementos del medio. Conocen los árboles sobre los que se desarrollan ciertas especies, en qué paisajes son más abundantes, en qué épocas y en qué condiciones climáticas aparecen los carpóforos (estructuras reproductivas de los hongos) y algunos animales que se alimentan de ellos.

En cuanto a los patrones de uso, se han encontrado ciertas similitudes entre los pueblos amazónicos. Por ejemplo, el consumo de hongos está ligado a épocas de escasez, que coinciden con los meses de lluvias más intensas en los que este recurso es más abundante. Actualmente, el comercio suple esta necesidad, por lo que su consumo ha disminuido y tiende a desaparecer.

Los hongos son considerados como cacería de las mujeres, ya que son ellas las que los buscan y cosechan, y además porque crecen en las chagras o milpas, que son espacios esencialmente femeninos (Henkel *et al.*, 2004, Vasco-Palacios, 2007, Gamboa *et al.*, 2019). El rescate y protección del conocimiento tradicional, así como de la funga es importante para la sobrevivencia de los pueblos de la Amazonía y su acervo biocultural.

## 2.5.2 Biotecnología

### 2.5.2.1 Microorganismos Amazónicos

Los microorganismos amazónicos son una fuente muy importante para el desarrollo biotecnológico de los países de la cuenca y del mundo. Dada la alta biodiversidad de la región y debido a las características singulares de sus ambientes (suelos y aguas ácidas con pocos nutrientes), estos hacen que muchos de los microorganismos amazónicos tengan metabolismos particulares. Además, estos microorganismos son fácilmente adaptables a las condiciones de producción industrial.

Algunos ejemplos de ello son el potencial que tienen algunos hongos para la producción de pigmentos (Celestino *et al.*, 2014), que incluyen especies como *Aspergillus calidoustus*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium purpurogenum* y *Penicillium sclerotiorum*. También la capacidad de algunas cepas de bacterias nativas del género *Lactobacillus* (Colehour *et al.*, 2014) y levaduras como *Issatchenka orientalis* para procesos de fermentación asociados con la producción de alcohol (Peña-Venegas *et al.*, 2021). *Issatchenka orientalis* es capaz de desdoblar el almidón de yuca y fermentar hasta producir alcohol etílico, proceso industrial en donde actualmente se emplean hasta tres tipos de microorganismos diferentes.

### 2.5.2.2 Macrofauna Amazónica

Brazil *et al.*, (2020) evaluaron la grasa corporal liofilizada (proceso de deshidratación para conservar alimentos) de la tortuga *Podocnemis expansa*, y obtuvieron información de que puede ser considerada fuente de compuestos fenólicos totales (benéficos para la salud) con potencial antioxidante, pero baja actividad en relación a la ampicilina contra *E. coli*, *S. aureus*, *B. cereus*, *S. typhimurium*, e incluso cuando se compara con miconazol frente a *C. albicans*. En esta grasa se identificaron los ácidos grasos ω3, ω6 y ω9, que son esenciales para la salud humana, pudiendo ser coadyuvantes en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, artritis, psoriasis, mejorar síntomas de depresión, enfermedad de Alzheimer, entre otras, así como otros ácidos de interés farmacológico.

Estos son resultados preliminares, por lo que es necesario profundizar con nuevas investigaciones en la búsqueda del aislamiento y purificación de productos naturales bioactivos y contribuir al conocimiento de la biodiversidad amazónica, agregando valor a la actividad de creación comercial de quelonios acuáticos amazónicos (tortugas de río o marinas).

## 2.5.3 Seguridad y Soberanía Alimentaria

### Estudio de caso 2.3 La Yuca (*Manihot esculenta*) como Base de la Alimentación Indígena Amazónica

**Autora:** Clara P. Peña-Venegas, Instituto Amazónico de Investigaciones SINCHI, Colombia.

La yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) en latín, su nombre compuesto científico y el segundo, Crantz, indica al botánico que describió la especie en particular. Esta es una planta nativa de la cuenca Amazónica, domesticada hace unos 8.000 a 10.000 años (Olsen & Schaal, 1999) por comunidades nativas de la región. Se estima que *Manihot esculenta* puede tener más de 8.000 variedades. Solo en el banco mundial de germoplasma in vitro de yuca localizado en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia, que constituye la mayor colección de yuca del mundo, se conservan 5.724 variedades de *Manihot esculenta*, incluyendo cultivares primitivos, cultivares mejorados y material genético. Allí el 96% de los materiales conservados proceden de América Latina (Aristizábal *et al.*, 2007).

La diversidad de yucas en la cuenca Amazónica no se ha establecido, pero existen reportes de la variedad local. Los inventarios para la región Amazónica oscilan entre 30 y 204 variedades de yuca (Arias *et al.*, 2004, Boster, 1986, Heckler & Zent, 2008, Lima *et al.*, 2012, Peña-Venegas *et al.*, 2014, Pérez *et al.*, 2018, Salick *et al.*, 1997), donde esta diversidad fenotípica (variaciones observables de sus características físicas) puede alcanzar además hasta un 87% de la diversidad genotípica (información genética) (Peña-Venegas *et al.*, 2014), lo que indica que en la población indígena existe un gran conocimiento sobre la especie, que les permite distinguir diferencias fenotípicas entre más de 100 variedades de yuca en ambientes diferentes (Alves-Pereira *et al.*, 2011) y en distintos pueblos indígenas (Boster, 1986, Salick *et al.*, 1997, Heckler & Zent, 2008, Duputié *et al.*, 2009, Ferguson *et al.*, 2012).

Cabe destacar que las semillas de yuca se intercambian entre pueblos y familias como símbolos de unión entre parejas, o pactos de amistad, lo cual ayuda a mantener y aumentar los inventarios locales (Delêtre *et al.*, 2011, Emperaire & Peroni, 2007, Heckler & Zent, 2008, Salick *et al.*, 1997). Sin embargo, se ha podido establecer que esta alta diversidad de variedades de yuca en la cuenca Amazónica no está bien representada en el banco de germoplasma in vitro de la especie, en donde tan sólo algunas de ellas están conservadas (Elias *et al.*, 2004, Peña-Venegas *et al.*, 2014).

Parte de esta falta de representatividad de las yucas amazónicas en el principal banco de conservación de germoplasma de yuca del mundo, se debe a la clasificación *a priori* que se hace de las yucas, según su contenido de cianuro, como alimento o no. Sin embargo, para los pue-

blos indígenas amazónicos, tanto las yucas dulces como las amargas son comestibles, siendo la base de su alimentación como principal alimento energético de la dieta, desarrollando una extensa culinaria con base en ellas, que incluye bebidas, sopas, acompañantes y platos principales. De ahí la importancia de mantener prácticas culturales y desarrollar estrategias que permitan seguir manteniendo la diversidad de yucas *in situ*.

Una parcela de producción indígena familiar tiene un 70 % del terreno cultivado con yuca y un 30 % con otros cultivos. Allí, pueden cultivarse entre 15 y 35 variedades de yuca diferentes (Peña-Venegas *et al.*, 2017). La alta diversidad de yucas en la cuenca Amazónica es producto de la larga relación hombre-yuca.

La yuca es considerada un alimento primogénito, entregado por los dioses a los pueblos indígenas para su alimentación. Sin embargo, a cada pueblo le entregaron diferentes variedades de yuca que ellos han mantenido a lo largo del tiempo a partir de su reproducción vegetativa por estacas, manteniendo así los mismos clones de generación en generación (Peña-Venegas *et al.*, 2014).

Por eso la yuca es un símbolo de identidad cultural, más que un simple alimento. Adicionalmente, la yuca aún conserva la facultad de reproducirse sexualmente, por lo que esporádicamente, en las parcelas de cultivo indígenas aparecen nuevas variedades de yuca que nacen de semillas y que los agricultores indígenas conservan, ensayan e incorporan dentro del inventario de yucas que manejan (Duputié *et al.*, 2009, McKey & Delêtre, 2017, Pérez *et al.*, 2019, Rival & McKey, 2008). Este aumento de la diversidad de yucas por variedades de origen sexual es una práctica que no ocurre en las parcelas de producción comercial.

La yuca es el cultivo que más biomasa útil produce por hectárea. Es un cultivo que no requiere de riego, incluso poca o ninguna fertilización, y pocos insumos para su mantenimiento. Además, las yucas amargas son resistentes a la herbivoría, es decir, a ser consumidas por animales herbívoros (Wilson & Dufour, 2002), lo cual la hace un cultivo ideal para agricultores de bajos recursos.

Adicionalmente, la yuca es una de las principales materias primas en la producción de alimento animal, para la elaboración de bioempaques, cosméticos y alimentos a nivel industrial (Aristizábal *et al.*, 2007). Sin duda podemos decir que la yuca es importante para la seguridad alimentaria de la Cuenca/Región Amazónica, y lo ha sido también para la industria internacional. En la actualidad, la yuca es el sexto cultivo en el mundo en términos de producción anual global, alimentando a 800 millones de personas de África, Asia el Pacífico y Suramérica (Burns *et al.*, 2010).

## Estudio de caso 2.4 Frutos Amazónicos en Sistemas Agroforestales: Combinación Perfecta para la Seguridad Alimentaria y la Lucha contra el Cambio Climático en la Amazonía Boliviana

**Autores:** Carmelo Peralta-Rivero, Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA), Bolivia, y Enzo Aliaga-Rossel, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

Una base importante en la seguridad alimentaria para miles de familias de la Amazonía es la gran biodiversidad de frutos amazónicos, como, por ejemplo, la castaña (*Bertholletia excelsa*), el asaí (*Euterpe precatoria*), el majo (*Oenocarpus bataua*), el cacao (*Theobroma cacao*), el copoazú (*Theobroma grandiflorum*), el achachairú (*Garcinia humilis*) entre otros, aportando diferentes valores nutricionales (Ortiz *et al.*, 2019), y se dan en diferentes estratos, capas o niveles del bosque, combinando especies anuales, multianuales frutales y arbóreas, obteniendo bienes y servicios ecosistémicos durante todo el año (Tabla 2.6).

**Tabla 2.6** Meses de aprovechamiento de productos de los Sistemas Agroforestales (SAF), familia del señor Ignacio Escalante, Amazonía Sur de Bolivia

Cultivo	Meses de cosecha o aprovechamiento											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> )												
Mara ( <i>Swietenia macrophylla</i> )												
Tajibo ( <i>Handroanthus impetiginosus</i> )												
Toronja ( <i>Citrus maxima</i> )												
Achachairú ( <i>Garcinia humilis</i> )												
Tamarindo ( <i>Tamarindus indica</i> )												
Palta ( <i>Persea americana</i> )												
Pacay ( <i>Inga feuilleei</i> )												
Limón ( <i>Citrus × limon</i> )												
Mandarina ( <i>Citrus reticulata</i> )												
Noni ( <i>Morinda citrifolia</i> )												
Cedro ( <i>Cedrela odorata</i> )												
Mango ( <i>Mangifera indica</i> )												
Coquino ( <i>Pouteria nemorosa</i> )												
Papaya ( <i>Carica papaya</i> )												
Plátano ( <i>Musa × paradisiaca</i> )												

Fuente: Enríquez y Peralta, (2020).

Este trabajo desarrollado sobre todo por campesinos e indígenas se fortaleció a finales de los años 1990, con la participación de varias instituciones no gubernamentales, y posteriormente con programas de apoyo estatal. En la ejecución del proyecto se propusieron sistemas de producción agrícolas, agroforestales y forestales como alternativas para la economía familiar de las familias amazónicas, con el propósito de mejorar sus condiciones de vida y la seguridad alimentaria.

La práctica y experiencia indican que, de los múltiples sistemas productivos implementados, los agroforestales (SAF) que incorporan frutos amazónicos y otros, tuvieron éxito, dada la adopción por parte las familias rurales generándoles alimentos e ingresos económicos por la venta de sus excedentes de producción, junto con el fortalecimiento de sus medios de vida y estrategias de diversificación de sus actividades productivas, siendo en algunos casos la primera y segunda opción entre sus múltiples subsistemas productivos (Enríquez y Peralta, 2020, Cartagena & Peralta, 2020, Vos *et al.*, 2015).

Algunas evaluaciones de la sostenibilidad y resiliencia climática de los Sistemas Agroforestales (SAF) demuestran que estos tienen una alta capacidad de absorción de los impactos estresores como, por ejemplo, sequías, inundaciones y heladas. Por otro lado, los productores han logrado implementar innovaciones tecnológicas como medidas de adaptación, desarrollando cambios en las prácticas, mejorando sus capacidades para transformar acciones en procesos que permiten incrementar su capacidad de resiliencia a la hora de consolidar sus SAF (Torrico *et al.*, 2017).

La capacidad de resiliencia de los SAF consolidados, son altamente resilientes en comparación con sistemas convencionales de la Amazonía que no desarrollan medidas de adaptación y transformación.

Los SAF en la Amazonía boliviana demuestran ser altamente mitigadores de los gases de efecto invernadero, capacidad que aumenta en la medida en que los SAF se desarrollan en el tiempo y avanzan en su consolidación.

Al respecto, Torrico *et al.*, (2020) fueron contundentes al afirmar que los SAF tienen un alto potencial para la mitigación y la adaptación al cambio climático. Por ese motivo, se utilizó la herramienta EXC-ACT, para calcular el almacenamiento de dióxido de carbono equivalente ( $t\text{CO}_2\text{-eq}$ ) en los SAF, que manejan y aprovechan los frutos amazónicos del bosque en el Norte Amazónico y Beni. De ese modo, se pudo estimar la cantidad de dióxido de carbono equivalente almacenado por los SAF a lo largo de un periodo de 10 años. El resultado del cálculo muestra que los SAF almacenaron entre 1.601.893 y 1.795.151 toneladas de dióxido de carbono equivalentes en ese periodo, según el tamaño del área, en el Norte Amazónico y Beni (Tabla 2.7).

**Tabla 2.7** Balance de carbono equivalente para sistemas de producción de acuerdo con el uso de la tierra

Región Amazónica	Sistemas de producción de acuerdo con el uso de la tierra	Área total evaluada	Mar	Abr	May
Beni (Amazonía Sur)	Sistemas agroforestales y manejo de cacaotales silvestres incluyendo especies maderables y apicultura.	13.577	-1.795.151	Total tCO <sub>2</sub> -eq	-13,20 tCO <sub>2</sub> -eq
			-1.641.862	tCO <sub>2</sub> biomasa	-12,09 tCO <sub>2</sub> biomasa
			-105.521	tCO <sub>2</sub> suelo	-0,78 tCO <sub>2</sub> suelo
			-13.543	tN2O	-0,10 tN2O
			-34.225	tCH <sub>4</sub>	-0,25 tCH <sub>4</sub>
Pando y Beni (Norte amazónico)	Recolección de castaña, cacao, frutos silvestres y conservación de bosque nativo, evitando deforestación y cambio de uso de la tierra; también los Sistemas agroforestales.	26.112	-1.601.893	Total tCO <sub>2</sub> -eq	-6,13 tCO <sub>2</sub> -eq
			-1.459.427	tCO <sub>2</sub> biomasa	-5,59 tCO <sub>2</sub> biomasa
				tCO <sub>2</sub> suelo	-0,33 tCO <sub>2</sub> suelo
			-14.716	tN2O	-0,06 tN2O
			-42.256	tCH <sub>4</sub>	-0,16 tCH <sub>4</sub>

Fuente: Elaboración propia basado en Torrico *et al.*, 2020.

De esta manera, con la implementación de una hectárea de SAF en la Amazonía para garantizar la seguridad alimentaria, ingresos económicos y otros beneficios socioambientales, se estaría mitigando más de 13 tCO<sub>2</sub> equivalente por hectárea al año. Otros estudios como el de Vos *et al.*, (2015) indican que los SAF pueden capturar en promedio 16,5 tCO<sub>2</sub> al año.

## 2.5.4 Salud

### **Estudio de caso 2.5 Importancia de las Plantas Nativas Medicinales en la Amazonía Boliviana en Tiempos de COVID-19**

**Autor:** Carmelo Peralta-Rivero, Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIP-CA), Bolivia.

A nivel mundial, se estima que hasta un 80% de la población depende de la medicina tradicional para sus necesidades de atención primaria de salud, basada en el uso terapéutico de diferentes partes de las plantas y con preparaciones diversas para prevenir y curar enfermedades (Maldonado *et al.*, 2020).

Los países amazónicos albergan unas 79.600 especies nativas de plantas vasculares (Ulloa *et al.*, 2017) de las cuales al menos 15.200 especies son arbóreas (Ter Steege *et al.*, 2015), cientos de ellas de uso medicinal. Su utilidad es múltiple y generalmente son las poblaciones originarias indígenas y campesinas, las que poseen un gran acervo de conocimientos empíricos sobre su uso.

En Bolivia, la pandemia del COVID-19 (SARS-CoV2) trajo consigo la revalorización de estas plantas como una estrategia de sobrevivencia y protección de la salud de las familias del área rural, e inclusive de las ciudades.

De acuerdo con 40 entrevistas realizadas en 16 comunidades campesinas e indígenas de la Amazonía boliviana entre 2020 y 2021 (CIPCA, 2021), se pudo evidenciar que, en la medicina y prácticas tradicionales implementadas en las comunidades rurales, se destacó el uso de 22 plantas endógenas medicinales durante el COVID-19 (Tabla 2.8), además de otras 24 plantas exógenas de la región, que son ampliamente utilizadas desde hace muchas décadas en combinación con las nativas.

**Tabla 2.8** Principales plantas nativas de uso medicinal en la Amazonía boliviana durante el COVID-19

Nombre común	Nombre científico	Producto medicinal	Uso medicinal	Forma de uso
Copaibo	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Aceite del fuste, hojas y cortezas	Tos, resfríos, desinflamante	Aceite de copaibo usado para摩擦es de pecho o espalda para aliviar la tos. Infusión con corteza de copaibo y hojas de guayacán, y ajo alivia resfríos.
Cusi	<i>Attalea speciosa</i>	Aceite del fruto	Expectorante, descongestionante	Fricciones del pecho con aceite de cusi.
Acerola	<i>Malpighia emarginata</i>	Hojas	Tos	Infusión con hojas de acerola.
Alcanfor de campo	<i>Cinnamomum camphora</i>	Hojas	Dolor de pecho y espalda, resfríos	Si bien es una especie introducida, es ampliamente utilizada. Baños con agua de hojas de alcanfor, alivia dolores de pecho y espalda. Infusión con hojas de alcanfor del campo, alivia resfríos.
Almendro	<i>Bertholletia excelsa</i>	Corteza	Expectorante, baja la fiebre, limpia la sangre, controla hemorragias	Infusión con corteza del árbol de almendro.
Asaí	<i>Euterpe precatoria</i>	Frutos	Reconstituyente	Extracción de la pulpa para preparado de jugos.
Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	Semillas	Reconstituyente, eleva defensas	Bebida a partir de pasta artesanal.
Cafecillo	<i>Geissospermum spp.</i>	Corteza	Expectorante, eliminación de flemas	Infusión de la corteza en agua hervida. Macerado de la corteza en alcohol.
Canelón	<i>Aniba canellilla</i>	Hojas	Tos	Infusión con hojas de canelón ayuda aliviar la tos.
Chuchuhuasi	<i>Maytenus macrocarpa</i>	Corteza	Resfrío	Infusión de la corteza en agua caliente.
Gabetillo	<i>Aspidosperma rigidum</i>	Corteza	Expectorante, eliminación de flemas	Infusión de la corteza en agua hervida. Macerado de la corteza en alcohol.
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Fruta	Tos, resfríos, descongestionante, mal de estómago. Eleva defensas.	Infusión con hojas de matico y caré, o con jugo de limón ayuda a controlar la tos. Preparado con hojas de palta, paja cedrón y guayaba ayuda a elevar defensas por su aporte en vitamina C.

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Producto medicinal</b>	<b>Uso medicinal</b>		<b>Forma de uso</b>
Isigo	<i>Tetragastris altissima</i>	Corteza	Resfrío, dolor de garganta		Infusión de la corteza en agua caliente.
Majo	<i>Oenocarpus bataua</i>	Aceite a partir de frutos	Tos, fiebre		Fricciones con aceite de majo ayuda a bajar la fiebre.
Matico	<i>Piper angustifolium, Piper aduncum</i>	Hojas	Tos, resfrios, expectorante		Infusión con hojas de matico alivia la tos.
Paquió	<i>Hymenaea courbaril</i>	Corteza de árbol adulto	Expectorante, resfrío		Infusión en agua caliente de la corteza.
Patujú	<i>Heliconia hirsuta</i>	Flor	Desinflamante		Infusión de la flor en agua caliente.
Quina	<i>Myroxylon balsamum</i>	Corteza, semillas	Dolor de espalda y pecho		Infusión de la corteza y semillas en agua caliente.
Roble	<i>Amburana cearensis</i>	Corteza y hojas	Tos, resfrios, reconstituyente		Infusión de corteza de roble joven usado como reconstituyente. Infusiones con raíz de cutuqui, hojas de roble, guayaba y eucalipto, alivia la tos y los resfrios.
Tajibo	<i>Tabebuia sp.</i>	Corteza	Resfrío		Infusión de la corteza con agua caliente.
Uña de gato	<i>Uncaria tomentosa</i>	Uña de Gato	Expectorante, resfrío		Infusión en agua caliente de hojas.
Wira wira	<i>Achyrocline alata</i>	Ramas con flores	Tos, fiebre, expectorante		Infusión de wira wira con leche alivia la tos. Infusión de wira wira, eucalipto y matico ayuda a bajar la fiebre.

Fuente: Elaboración propia con base en entrevistas (CIPCA 2021).

Entre las principales especies nativas identificadas se destacan las palmeras, especies arbóreas maderables, frutales y hasta lianas. Se puede evidenciar que las plantas medicinales de la Amazonía juegan un rol importante como bien y servicio que proveen los ecosistemas amazónicos en favor de múltiples comunidades campesinas e indígenas, y fueron especialmente empleadas durante la cuarentena del COVID-19.

También se pudo constatar que los conocimientos de las plantas medicinales se observan en varias comunidades de la región y se transmiten entre los miembros de las familias, pero pocas veces se escriben, situación que se debería mejorar para la protección del registro de estos servicios ecosistémicos culturales.

## Estudio de caso 2.6 Recuperación y Valorización de Plantas Medicinales Indígenas de la Selva Central Peruana

**Autores:** Teresita Antazu López; Unión de Nacionalidades Ashánincas y Yaneshas (UNAY); Pueblos Yaneshas Ashánincas; Comunidades de Puerto Libre; Yarina; Nuevo Antonio y Morona.

La organización UNAY viene trabajando en la recuperación de conocimientos tradicionales de plantas medicinales y la implementación de huertas comunales en las comunidades de Puerto Libre, Yarina, Nuevo Antonio y Morona en Perú.

Según Teresita Antazu López: “A la fecha se logró tener en el jardín piloto tanto *pinitsi* como *piri piri* para el uso contra diversos malestares. Estos conocimientos que nos dejaron nuestros ancestros se han ido perdiendo y ahora hemos logrado recuperar algunas plantas. Por ello, queremos también compartir esos conocimientos con las comunidades, las escuelas y los puestos de salud o postas médicas de la zona.

Los talleres comienzan con una discusión sobre la cosmovisión integral de los pueblos Yaneshas Asháninca, lo que contaron nuestros abuelos, las creencias, los cuentos y los mitos de cada pueblo que son diferentes, pero también hay mucha coincidencia. Se habla de lo que es nuestro monte, la relación de los pueblos con el bosque que antes eran personas: los árboles, los ríos, las aves, el sol y la luna que estaban relacionados con los pueblos indígenas. Se cuenta cómo aparecieron las plantas medicinales que antes eran personas y dejaron sus enseñanzas a nuestros abuelos. También se habló sobre la siembra, la caza, los rituales de la siembra y cosecha, de la ponapnora (la niña que se convierte en mujer), los cantos y danzas. Y se reconoce la pérdida de la identidad cultural y cómo los jóvenes niegan su origen como indígenas.

Se debe resaltar que las madres de familia han pedido que se trabaje más sobre este tema y que se siga con los talleres y se hagan más réplicas de las huertas familiares y también se puedan compartir los conocimientos en las escuelas. De esta forma se recupera el conocimiento ancestral y se valora la diversidad de especies útiles”.



**Figura 2.16** Una de las huertas medicinales donde se han aumentado las camas (áreas de siembra). Debido a que hay lluvias las plantas son grandes y hermosas (Teresita Antazu). Nota. Las plantas que están grandes son compartidas con las familias de las comunidades. Debido a que hay lluvias las plantas son grandes y hermosas (Teresita Antazu).

## 2.6. Manejo de la Información de Biodiversidad y Vacíos a Escala Regional

La riqueza conocida de especies amazónicas alcanza niveles superiores a 60 mil unidades biológicas, aunque hay autores que indican que es un número más elevado. A nivel mundial se estima que sólo del 13 al 18% de las especies existentes son reconocidas por la ciencia, y para la Amazonía la estimación no es diferente. (Moura & Jetz, 2021).

El inicio de la investigación en la región Amazónica se remonta al siglo XVIII. Cuando en 1886, se creó el Museu Paraense Emilio Goeldi, en Brasil, aún no se había establecido en su territorio ningún repositorio o registro de la biodiversidad amazónica. Los museos de Europa y de Estados Unidos dan testimonio de gran parte de la diversidad biológica y cultural de la Amazonía en los primeros días de la colonización. Gran parte de esta información aún se encuentra dispersa y no está disponible para la sociedad.

A principios del siglo XX, se creó el Museo de Historia Natural del Perú, seguido de otros países. Desde los años 80, varios museos e instituciones de investigación de renombre se establecieron en el territorio Amazónico. Por ejemplo, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), en 1981; el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI en 1993, en Colombia, revirtiendo parcialmente la tendencia de pérdida de conocimiento sobre la diversidad regional, incluso antes de que pudiera ser registrada.

A pesar de los esfuerzos institucionales, individuales y del aumento progresivo de la calidad de la investigación, la mejora de la educación superior y de posgrado en la Amazonía, todavía estamos en niveles por debajo de otras regiones en cada uno de los países amazónicos. La inversión en docencia e investigación para el bioma en los Países Miembros de la OTCA ha sido incipiente y desproporcionada con la biodiversidad representada regionalmente.

El manejo de la información en biodiversidad implica pensar en los datos de biodiversidad “básicos” como una red de entidades conectadas como taxones, es decir, cada una de las subdivisiones de la clasificación biológica, desde la especie, que se toma como unidad, hasta el filo o tipo de organización (RAE), nombres taxonómicos, publicaciones, personas, especies, secuencias, imágenes, colecciones, etc. (Figura 2.17).

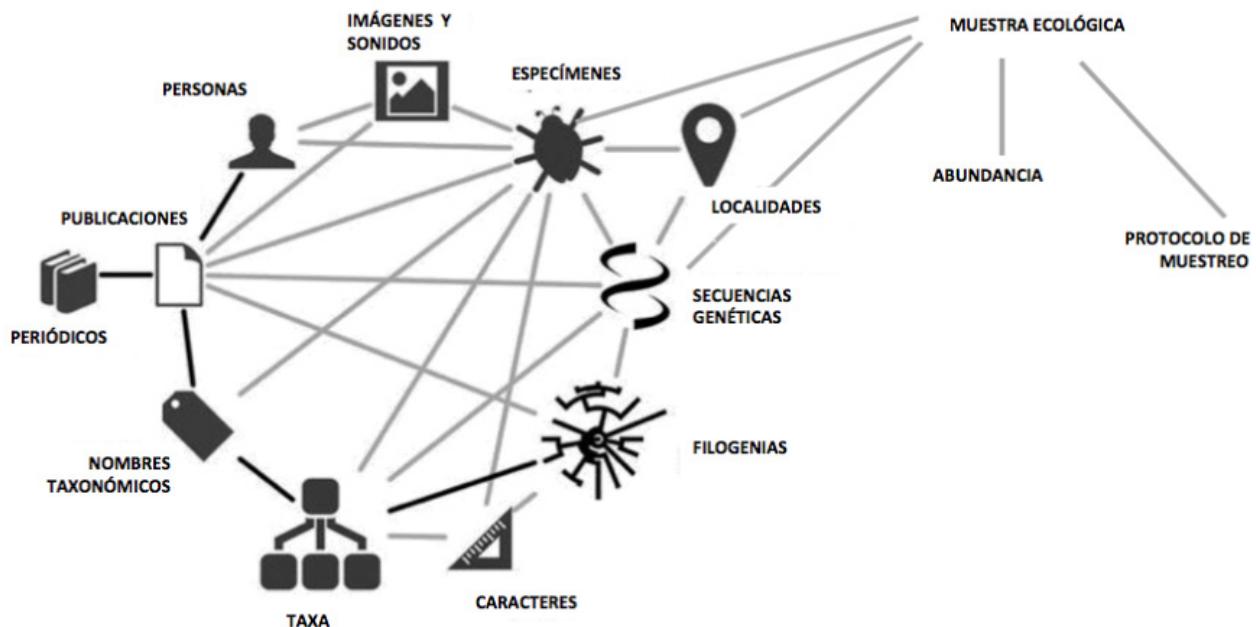


Figura 2.17 Gráfico de conocimiento de la biodiversidad

Fuente: Modificado de GBIF, (2018), Page, (2013).

Así, los datos sobre biodiversidad pueden entrar en un ciclo de manejo de datos, análisis y síntesis para la toma de decisiones, la postulación de nuevas hipótesis o el descubrimiento de nuevos hechos (Figura 2.18)

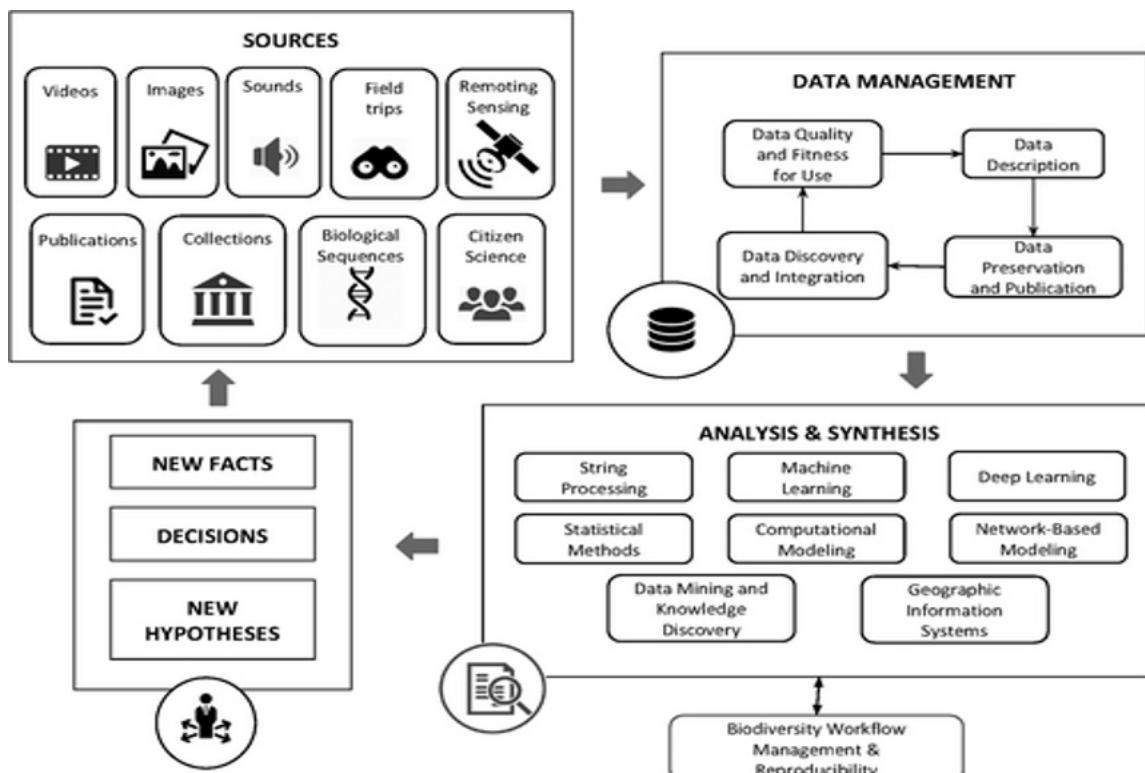


Figura 2.18 Ciclo de vida de los datos de biodiversidad

Fuente: Modificado de Gadelha Jr. et al., 2020.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) desarrolló y promovió entre los países Parte, el diseño e implementación de plataformas de información nacionales sobre biodiversidad articuladas a una plataforma global en un sistema denominado Mecanismo de Facilitación (MF, tomado de CHM del inglés Clearing House Mechanism). Así, los MF nacionales representan el primer paso de formalización de sistemas de información en biodiversidad, como un primer nodo nacional oficial sobre la información de biodiversidad de cada país.

Cada MF nacional tiene un punto focal oficial designado. Tener o no un punto focal del MF en cada país es un primer indicador respecto a si hay o no cierto avance de sintetizar o reunir la información de biodiversidad a nivel nacional. En este contexto relacionado al flujo idóneo de los datos de biodiversidad, la evaluación de cada etapa en el ámbito de cada país rebasa el alcance temporal para la realización del presente documento.

Sin embargo, existen ciertos indicadores globales que pueden mostrar de forma comparativa, el grado de desarrollo de los sistemas de información en biodiversidad de los países de la Región Amazónica, los cuales están resumidos a continuación (Tabla 2.9).

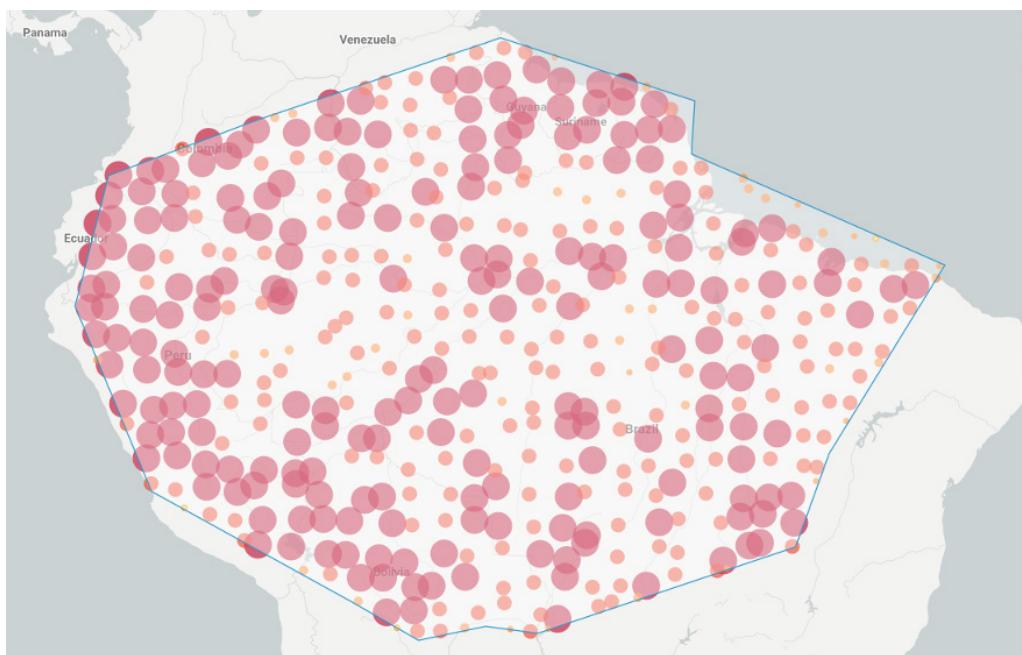
**Tabla 2.9** Indicadores globales del grado de desarrollo de los sistemas de información en biodiversidad de los países que tienen territorios en la Amazonía

País	1 (CHM)	2 (GTI)	3 (GBIF)	4 (GBIF set de datos)	5 (GBIF ocurrencias)
Bolivia	No	No	-	1.418	1.706.217
Brasil	No	No	Sí	495	21.389.636
Colombia	Sí	Sí	Sí	2.014	19.656.372
Ecuador	Sí	Sí	Sí	19	5.779.973
Guyana	Sí	Sí	-	2	125.776
Perú	Sí	Sí	Sí	12	4.412.834
Suriname	No	No	-	29	132.854
Venezuela	Sí	Sí	-	114	2.342.500

**Nota.** 1. Participación del Estado con un Punto Focal Nacional en la lista de Puntos Focales del Mecanismo de Facilitación (MF o CHM, sigla en inglés, tomado de Clearing-House Mechanism, CDB). 2. Participación del Estado con un Punto Focal Nacional en la lista de Puntos Focales de la Iniciativa Global de Taxonomía (GTI, sigla en inglés, tomado de Global Taxonomy Initiative, CDB). 3. Participación como Estado, mediante memorando oficial, en la plataforma Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Si el Estado está participando, la casilla muestra el número de conjuntos de datos en la parte superior y el número de ocurrencias en la parte inferior. 4. Cantidad de conjuntos de datos que alimentan la base de datos de GBIF para el país. 5. Cantidad de registros por país, la mayoría georreferenciados y en los estándares de Darwin Core.

**Fuente:** Datos del GBIF, actualizados al 31 de mayo de 2022.

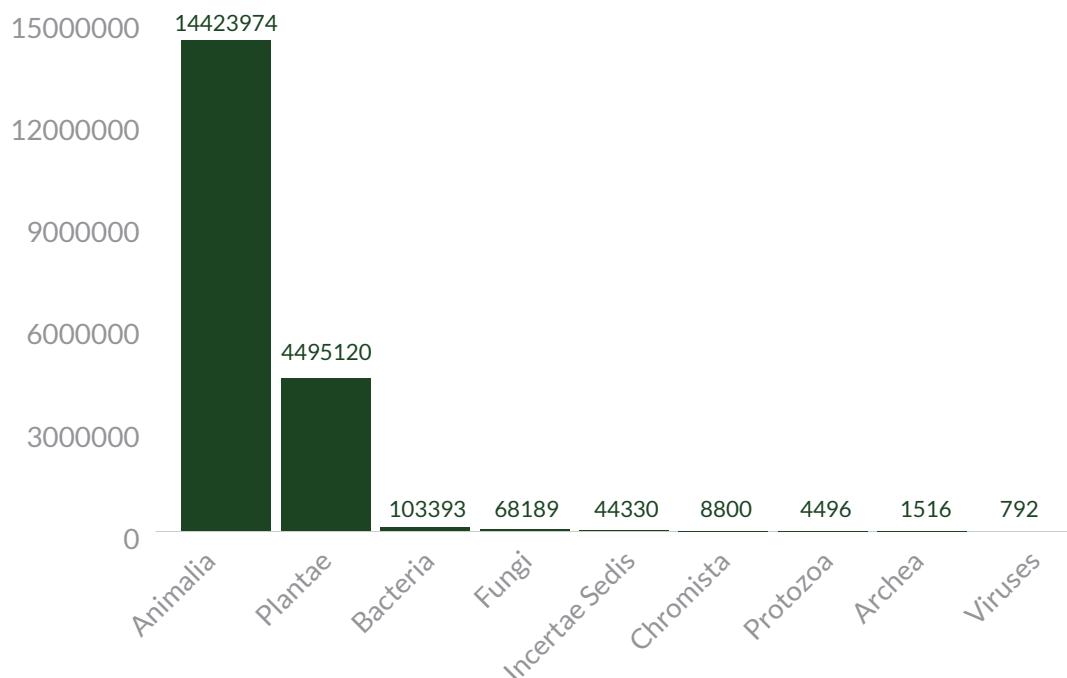
El área de la Amazonía en la base de datos del GBIF se encuentra en la Figura 2.19



**Figura 2.19** Área preliminar de delimitación de la Amazonía en el GBIF mostrando la concentración de datos de biodiversidad

**Nota.** Los círculos de mayor tamaño indican mayor concentración de datos, GBIF.

Basados en la Figura 2.19 se tiene un total preliminar de 19.150.610 datos de biodiversidad para la Amazonía, siendo la mayoría, datos georreferenciados. La distribución de datos del GBIF para la Amazonía muestra la siguiente tendencia (Figura 2.20).



**Figura 2.20** Número de datos para los distintos reinos en la base de datos del GBIF para la Amazonía.  
Fuente: GBIF.

Del total de 19.150.610 registros de datos de biodiversidad para la Amazonía de la base de datos del GBIF, se puede deducir que los países amazónicos aún están lejos de contar con un conjunto robusto de información sobre su biodiversidad y muy poco sobre los productos y servicios ecosistémicos asociados a ella. La consecuencia inmediata es el gran vacío de información para la mayoría de los grupos biológicos.

Esto genera una falta de comprensión de los procesos socioculturales regionales y locales, a lo cual se suma, la falta de subsidios o financiamiento para la comprensión de los procesos que determinan los servicios ecosistémicos esenciales que brinda el bioma. Los vacíos de información son enormes y afectan a todas las áreas del conocimiento.

La falta de sistematización y síntesis del conocimiento acumulado representa un vacío aún mayor e impide la construcción de una visión más holística de la Amazonía y su dinámica biocultural. El aislamiento y la falta de diálogo científico-académico se convierten en agravantes de este escenario. Sin conocer bien su biodiversidad, su gente y su cultura, la Amazonía se enfrenta a la mayor crisis de extinción de todas las eras geológicas jamás registradas, la crisis del Antropoceno. Esta crisis, basada en la pérdida de bosques y el aumento de la emisión de gases, afecta directamente a la biodiversidad del planeta y cambia el régimen climático global.

Las soluciones locales, regionales y globales no se pueden articular sin conocimiento. Por lo tanto, invertir en la reducción de las brechas de conocimiento sobre la Amazonía se convierte en un elemento crucial para sostener políticas adecuadas para enfrentar los desafíos de esta era.

Adicionalmente, un programa de repatriación de información sobre la biodiversidad amazónica es urgente y fundamental para el desarrollo de políticas públicas acordes con su realidad actual. Sin un adecuado inventario y programa de monitoreo de la biodiversidad Amazónica, no es posible estimar la velocidad y magnitud de la pérdida de biodiversidad en la región y, en consecuencia, se hace imperativo diseñar políticas efectivas para su conservación.

Así mismo, sin un programa de armonización de plataformas, integración de datos e intenso intercambio científico-académico, no será posible construir una política coherente que defienda el bosque y sus pueblos.

De esta manera, los gobiernos, la sociedad civil y el sector privado necesitan apoyar con firmeza y decisión la superación de las brechas de conocimiento en la Amazonía. De igual manera, el fortalecimiento de los mecanismos de ciencia ciudadana, en consonancia con el aumento sustancial de las inversiones en infraestructura de investigación y promoción del recurso humano y la organización de un sistema integrado de gestión de la información, son formas seguras de superar estos desafíos.

## Referencias

Acosta-Galvis, A. R. (2019). *Lista de los anfibios de Colombia: referencia en linea V.09.2019*. Página web accesible en <http://www.batrachia.com>; Batrachia, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia

Aguiar, A. P. D., Vieira, I. C. G., Assis, T. O., Dalla-Nora, E. L., Toledo, P. M., Oliveira Santos-Junior, R. A., ... & Ometto, J. P. H. (2016). Land use change emission scenarios: anticipating a forest transition process in the Brazilian Amazon. *Global change biology*, 22(5), 1821-1840.

Aguirre, L. F., Tarifa, T., Wallace, R. B., Bernal, N., Siles, L., Aliaga-Rossel, E., & Salazar-Bravo, J. (2019). Lista actualizada y comentada de los mamíferos de Bolivia- Updated and annotated checklist of mammals from Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 54(2), 107-147.

Aguirre, W., Anaguano-Yancha, F., Burgos-Morán, R., Carrillo-Moreno, C., Guarderas, L., Jácome-Negrete, I., Jiménez-Prado, P., Laaz, E., Nugra, F., Revelo, W., Rivadeneira, J., Utreras, V., y Valdiviezo-Rivera, J. (2019). *Lista roja de los peces dulceacuícolas de Ecuador*. Ministerio del Ambiente, DePaul University, Wildlife Conservation Society-Ecuador (WCS), Universidad Estatal Amazónica, Universidad Indoamérica, Instituto Quichua de Biotecnología Sacha Supai, Universidad Central del Ecuador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede en Esmeraldas, Instituto Nacional de Pesca, Universidad del Azuay, Instituto Nacional de Pesca, Universidad Central del Ecuador, Antonio Torres, Universidad de Guayaquil e Instituto Nacional de Biodiversidad. Quito, Ecuador.

Ahmadjian, V. (1993). The lichen photobiont: What can it tell us about lichen systematics? *Bryologist*. 96:310-313.

Albert, J.S., Tagliacollo, V.A. & Dagosta, F. (2020) Diversification of Neotropical Freshwater Fishes. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 51:27–53. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsyy-011620-031032>

Alberti, M., Marzluff, J. M., Shulenberger, E., Bradley, G., Ryan, C. & Zumbrunnen, C., (2003). Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *Bioscience* 53: 1169-1179.

Alcaldía de Leticia (2020). Plan de desarrollo municipal 2020 – 2023. “*Juntos por una Leticia mejor*”. Acuerdo Municipal No 003 del 2020.

Alho, C.F.B.V., Samuel-Rosa, A., Martins, G.C., Hiemstra, T., Kuyper, T.W., & Teixeira, W G. (2019). Spatial variation of carbon and nutrients stocks in Amazonian Dark Earth. *Geoderma* 337: 322–332.

Aliaga-Rossel, E. (2002). Distribution and Abundance of the river dolphin, (*Inia geoffrensis*) in the Tijamuchi river, Beni-Bolivia. *Journal of Aquatic Mammals*. 28(3):312-323.

Aliaga-Rossel, E. (2011). *The cascading effect of mammal species defaunation on seed and seedling survivorship as a result of hunting*. Disertación doctoral. University of Hawaii at Manoa, Hawaii. 159p.

Aliaga-Rossel, E. & Escobar, M.W.W. (2020). Translocation of trapped Bolivian river dolphins (*Inia boliviensis*). *J. Cetacean Res. Manage.* 21: 17-23.

Aliaga-Rossel, E., Fragoso, M. V. J., & Moraes R., M. (2022). Defaunation increases the survivorship of the palm *Astrocaryum gratum* in a submontane tropical forest. *Open Journal of Ecology*, 12(5), 306-323. doi:10.4236/oje.2022.125018.

Aliaga-Rossel, E. & Guizada Duran, L. (2020). Four decades of research on distribution and abundance of the Bolivian river dolphin *Inia geoffrensis boliviensis*. *Endangered Species Research*. 42: 151–165. <https://doi.org/10.3354/esr01041>

Aliaga-Rossel, E. & Moraes, M. (2014). Mammals consumers of fruits and seeds of the Chonta Palm (*Astrocaryum gratum*, Arecaceae) in Bolivian submontane and alluvial forests. *Ecología en Bolivia* 49(2): 98:103.

Aliaga-Rossel, E., Quiroga, C. J., Velez-Liendo, X., Romero-Muñoz, A., Porcel, Z., Wallace, R. B., Ayala, G., Viscarra, M., Cuéllar Soto, E., Tarifa, T., & Noss, A. (2021). Distribution, ecology, and conservation of Xenarthra in Bolivia — update to 2021. *Edentata*, 22, 16-37. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2021.edentata-22-1.4.en>.

Aliança pela Restauração na Amazônia. (2020). Panorama e Caminhos para a Restauração de Paisagens Florestais na Amazônia. *Position paper*: 16p. ISBN 978-65-00-12760-7.

Almeida, R. P. S. (2021). *Efeitos de uma seca induzida na comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em uma área de Floresta Amazônica*. Tese de doutorado. Universidade Federal do Pará, Programa de Pós Graduação em Zoologia, Belém-Pará. 200 p.

Almeida, S.F.O., Silva, L.R.C., Junior, G. C.A.C., Oliveira, G., Silva, S.H.M., Vasconcelos, S., & Lopes, A.S. (2018). Diversity of yeasts during fermentation of cocoa from two sites in the Brazilian Amazon. *Acta Amazonica* 49: 64-70.

Alves-Pereira, A., Peroni, N., Abreu, A.G., Gribel, R., & Clement, C.R. (2011). Genetic structure of traditional varieties of bitter manioc in three soils in Central Amazonia. *Genetica* 139: 1259-1271

Ampatzidis, P., & Kershaw, T. (2020). Science of the Total Environment: A Review of the Impact of Blue Space on the Urban Microclimate. *Science of the Total Environment*, 730, Article ID: 139068. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139068>

Andrade, D. V. & Abe, A. S. (2007). Fisiología de répteis. En: Nascimento, L. B. & Oliveira, L. B. eds. *Herpetologia no Brasil II*. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Herpetologia, p. 171-182.

Andrade-Silva, J. (2021). *Distribuição da diversidade morfológica de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na Floresta Amazônica Brasileira*. Tese de doutorado. Universidade Federal do Pará, Programa de Pós Graduação em Zoologia, Belém-Pará. 156 p.

Asenjo, A., Irmler, U., Klimaszewski, J., Herman, L. H., & Chandler, D.S. *Insecta Mundi* 0277: 1–419. (2013)

Antmaps (2022). <https://antmaps.org/> (Acesso en: 31/03/2022)

Apiamö, R. M., Autuori, J., Ishikawa, N. K., Martins, M. S., Menolli, Jr. N., Sanuma, C., Sanuma, L. R., Sanuma, M., Sanuma, O. I., & Tokimoto, K. (2016). *Encyclopédia dos Alimentos Yanomami (Sanöma): Cogumelos*. Instituto Socioambiental, São Paulo. 108 pp.

Aptroot, A., Cáceres, M. E. S., Johnston, M. K., Lücking, R. (2016). How diverse is the lichenized fungal family Trypetheliaceae (Ascomycota: Dothideomycetes)? A quantitative prediction of global species richness. *Lichenologist*. 48: 983–1011

Aptroot, A., Sipman, H. J. M. (1997). Diversity of lichenized fungi in the tropics. In: K.D. Hyde, Ed. *Biodiversity of Tropical Microfungi*. Hong Kong University Press, Hong Kong. 93–106 pp.

Arantes, C. C., Bigorne, R., Carvajal-Valleros, F. M., De Wever, A., Frederico, R. G., Hidalgo, M., Hugueny, B., Leprieur, F., Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J., Martens, K., Ortega, H., Sarmiento, J., Tedesco, P. A., Torrente-Vilara, G., Winemiller, K. O., & Zuanon, J. (2019). Unexpected fish diversity gradients in the Amazon basin. *Sci. Adv.*, 5(9), eaav8681. DOI: 10.1126/sciadv.aav8681.

Araújo, K.S., Brito, V.N., Veloso, T.G.R., Leite, T.S., Pereira, O.L., Mizubuti, E.S.G., Queiroz, M.V. (2018). Diversity of culturable endophytic fungi of Hevea guianensis: A latex producer native tree from the Brazilian Amazon. *African Journal of Microbiology Research* 12(42): 953-964. doi: 10.5897/AJMR2018.8980

Arbeláez, F. (2000). *Estudio de la ecología de los peces en un caño de aguas negras amazónicas en los alrededores de Leticia (Amazonia Colombiana)*. Trabajo de grado. Dep. Biol. Univ. Nal. de Colombia. Bogotá.

Arévalo-Gardini, E., Canto, M., Alegre, J., Arévalo-Hernández, C.O., Loli, O., Julca, A., & Baligar, V. (2020). Cacao agroforestry management systems effects on soil fungi diversity in the Peruvian Amazon. *Ecological Indicators* 115: 106404

Arias, J.C., Ramos del Águila, L.A., Huaines, F.J., Acosta, L.E., Camacho, H.A. Marín Z.Y. (2004). *Diversidad de yucas (Manihot esculenta Crantz) entre los Ticuna: Riqueza cultural y genética de un producto tradicional*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi. Bogotá. 32 p.

Aristizábal, J., Sánchez, T., Lorío, D.M. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO*: 163. FAO: Roma, Italia

Arroyo-Kalin, M. (2010). The Amazonian Formative: Crop domestication and anthropogenic soils. *Diversity* 2: 473-504. doi:10.3390/d2040473

Asenjo, A., Irmler, U., Klimaszewski, J., Herman, L. H., & Chandler, D. S. (2013). A complete checklist with new records and geographical distribution of the rove beetles (Coleoptera, Staphylinidae) of Brazil. *Insecta Mundi*, 0277, 1–419.

Asperen, H., Alves-Oliveira, J.R., Warneke, T., Forsberg, B., Araújo, A.C., Notholt, J. (2021). The role of termite CH<sub>4</sub> emissions on the ecosystem scale: a case study in the Amazon rainforest. *Biogeosciences* 18: 2609-2625. <https://doi.org/10.5194/bg-18-2609-2021>

Ávila-Pires, T. C. S., Hoogmoed, M. S., & Vitt, L. J. (2007). Herpetofauna da Amazônia. In L. Nascimento & E. Oliveira (Eds.), *Herpetología no Brasil II* (pp. 13-43). Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Herpetologia.

Ávila-Pires, F. D., & Oliveira, J. A. (2014). A summarized history of Brazilian mammalogy – Una historia resumida de la mastozoología brasileña. In J. Ortega, J. L. Martínez, & D. Tirira (Eds.), *Historia de la mastozoología en Latinoamérica, las Guayanás y el Caribe* (pp. 107–128). Quito: Editorial Murciélagos Blanco y Asociación Ecuatoriana de Mastozoología.

Azevedo-Santos, V.M., Arcifa, M.S., Brito, M.F.G., Agostinho, A.A. (2021) Negative impacts of mining on Neotropical freshwater fishes. *Neotropical Ichthyology* 19(3): e210001. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0001>

Baccaro, F.B., Rocha, I.F., del Aguila, B.E.G., Schietti, J., Emilio, T., Pinto, J.L.P. da V, Lima, A.P., Magnusson, W. E. (2013). Changes in ground-dwelling ant functional diversity are correlated with water-table level in an amazonian terra firme forest. *Biotropica* 45 (6): 755–763. doi: 10.1111/btp.12055

Banhos, E.F., Souza, A.Q.L., Andrade, J.C., Souza, A.D.E., Koolen, H.H.F., & Albuquerque, P.M. (2014). Endophytic fungi from Myrcia guianensis at the Brazilian Amazon: Distribution and bioactivity. *Brazilian Journal of Microbiology* 45 (1): 153-161.

Barbosa, C. C. F. (2005). *Sensoriamento remoto da dinâmica de circulação da água do sistema planície de Curai/Rio Amazonas* (INPE-14614-TDI/1193). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. Recuperado de <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/rep/6qtX3pFwXQZGivnJSY/KfjFc?ibiurl.language=pt-BR>. Acesso em 20 de março de 2022.

Bardales, L. M. (1997). Los Hongos o setas: alternativas de suplemento alimenticio en la Región Loreto. *Bosques Amazónicos*, 3. 8p.

Barletta, M., Jaureguizar, A.J., Baigun, C., Fontoura, N.F., Agostinho, A.A., Almeida-Val, V.M.F., Val, A.L., Torres, R.A., Jimenes-Segura, L.F., Giarrizzo, T., Fabré, N.N., Batista, V.S., Lasso, C., Taphorn, D.C., Costa, M.F., Chaves, P.T., Vieira, J.P., Corrêa, M.F.M. (2010). Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology*, 76: 2118-2176. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02684.x>

Barragán, V.A., Aveiga, I., Trueba, G. (2008). Microbial community composition in petroleum contaminated and uncontaminated soil from Francisco de Orellana, in the northern Ecuadorian Amazon. *International Microbiology* 11:121-126 doi: 10.2436/20.1501.01.51

Barthem, B. R., da Silva-Júnior, U. L., Bassols, R. M., Goulding, M., Venticinque, E. (2019). Bases para a conservação e o manejo dos estoques pesqueiros da Amazônia. Pp: 153- 195. En: A. V. Galúcio & A. L. Prudente, (Eds). *Museu Goeldi: 150 anos de ciência na Amazônia*. Belém, PA. Brasil.

Bartz, L.M.C., Pasini, A., Brown, G.G. (2009). Earthworms from Mato Grosso, Brazil, and new records of species from the state. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44 (8): 934-939

Bass, M.S., Finer, M., Jenkins, C.N., Kreft, H., Cisneros-Heredia, D.F., McCracken, S.F., Pitman, N.C., English, P.H., Swing, K., Villa, G., Di Fiore, A., Voigt, C.C., Kunz, T. H. (2010). Global conservation significance of Ecuador's Yasuní National Park. *PLoS one*, 5(1): e8767.

Berger, L., Speare, R., Daszak, P., Green, D. E., Cunningham, A. A., Goggin, C. L., Slocombe, R., Ragan, M. A., Hyatt, A. D., McDonald, K. R., Hines, H. B., Lips, K. R., Marantelli, G., & Parkes, H. (1998). Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(15), 9031-9036. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.15.9031>

Bonaldo, A.B., Carvalho, L.S., Pinto-Da-Rocha, R., Tourinho, A.L., Miglio, L.T., Lo-Man-Hung, N.F., Abrahim, N., Rodrigues, B.V.B., Brescovit, A.D.B., Saturnino, R., Bastos, N.C., Dias, S.C., Silva, B.J.F., Pereira-Filho, J.M.B., Rheims, C.A., Lucas, M.S., Polotow, D., Ruiz, G.R.S., Indicatti, R. (2009). Inventário e História Natural dos Aracnídeos da Floresta Nacional de Caxiuanã. In: Lisboa, P.L.B. (Org.). *Caxiuanã: Desafios Para A Conservação De Uma Floresta Nacional Na Amazônia*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 545–588 pp.

Bonaldo, A.B., Abrahim, N., Saturnino, R., Rodrigues, B.V.B., Cafofo, E.G., Dias, S.C. & Lo-Man-Hung, N. (2015). Diversidade e distribuição de aracnídeos no Distrito Florestal da BR-163. In: Albernaz, A.L. (Org.). *Distrito Florestal Sustentável da BR-163: dinâmicas sociais, mudanças ambientais e produção florestal*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 231-248 pp.

Bonvicino, C. R. & Weksler, M. (2012). Speciation in Amazonia. Patterns and predictions of a network of hypotheses. En B. D. Patterson, L. P. Costa (Eds.), *Bones, Clones and Biomes. The history and Geography of recent Neotropical mammals*. Chicago. The University of Chicago Press. 259-282 pp.

Boster, J.S. (1986). Exchange of Varieties and Information between Aguaruna Manioc Cultivators. *American Anthropologist*. 88 (2): 428-436.

Bouchard, P., Smith, A. B. T., Douglas, H., Gimmel, M. L., Brunke, A. J., & Kanda, K. (2017). Biodiversity of Coleoptera. In R. G. Foottit & P. H. Adler (Eds.), *Insect Biodiversity* (Chapter 11). <https://doi.org/10.1002/9781118945568.ch11>.

Braga, T.M.P. (2012). *Conhecimento local ribeirinho e suas aplicações para o manejo participativo da pesca na Reserva Extrativista do Baixo Juruá, estado do Amazonas Manaus*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

Brazil Flora Group (2021): *Brazilian Flora 2020 project - Projeto Flora do Brasil 2020*. v393.274. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Dataset/Checklist. doi:10.15468/1mtkaw

Brazil, M. V. da S., Souza, M. B., Ferraz, V. P., Martins, B. A., Carvalho Neto, M. F., Melo, A. C. G. R., Ribeiro, P. R. E. & Melo Filho, A. A. (2020). Antibacterial, Total Phenols, Antioxidant, and Fatty Acids of the Lyophilized body fat of *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) from farm in Acre state, Brazil. *Journal of Medicinal Plant Research*. 14: 458-467.

Burgin, C. J., Colella, J. P., Kahn, P. L., & Upham, N. S. (2018). How many species of mammals are there? *Journal of Mammalogy*, 99, 1–14.

Burgos-Morán, R., Rivas, J. y Rivadeneira, L. (2018). Diagnóstico de la situación actual de los recursos pesqueros amazónicos del Ecuador. AAQUATROP. *Ecosistemas Acuáticos Tropicales en el Antropoceno*. Quito, Ecuador.

Burns, A., Gleadow, R., Cliff, J., Zacarias, A., Cavagnaro, T. (2010). Cassava: the drought, war and famine crop in a changing world. *Sustainability* 2: 3572-3607 doi:10.3390/su2113572

Buscardo, E., Geml, J., Schmidt, S.K., Freitas, H., Cunha, H.B., Nagy, L. (2018). Spatio-temporal dynamics of soil bacterial communities as a function of Amazon forest phenology. *Scientific Reports* 8: 4382. doi:10.1038/s41598-018-22380-z

Cáceres, M. E., Lücking, R., Rambold, G. (2007a). Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. *Mycological Progress*, 6(3): 117-136.

Cáceres, M. E., Lücking, R., Rambold, G. (2007b). Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. *Mycological Progress*, 6(3): 117-136.

Cáceres, M. E., Lücking, R., Rambold, G. (2008). Corticolous microlichens in northeastern Brazil: habitat differentiation between coastal Mata Atlântica, Caatinga and Brejos de Altitude. *The Bryologist* 111(1): 98-117.

Cadena-Castañeda, O. J., Silva, D. S. M., Mendes, D. M. D. M., Pereira, M. R., De Domenico, F. C., y Sperber, C. F. (2020). Review of the tribe Amorphopini (Orthoptera: Tetrigidae: Metrodorinae): Pygmy moss-lichen tetrigids from the Amazon rainforest. *Journal of Orthoptera Research*. 29: 45.

Callede, J., Guyot, J.L., Ronchail, J., L'Hôte, Y., Niel, H. (2004). Evolution of the River Amazon's discharge at Óbidos from 1903 to 1999. *Hydrological Sciences Journal*. 49: 85-97.

Câmara dos Reis, M., Lacativa Bagatini, I., de Oliveira Vidal, L., Bonnet, M.P., da Motta Marques, D., Sarmento, H. (2019). Spatial heterogeneity and hydrological fluctuations drive bacterioplankton community composition in an Amazon floodplain system. *PLoS ONE* 14(8): e0220695. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220695>

Câmara Cascudo, L. (2016 [1963]). *História da alimentação no Brasil*. 1ª Edição digital. Global Editora, São Paulo. Disponível em: <https://pensecomigo.com.br/livro-historia-da-alimentacao-no-brasil-pdf-da-luis-camara-cascudo/>. Acesso em: 16 dezembro 2019

Candiani, D. & Bonaldo, A.B. (2017). The superficial ant: a revision of the Neotropical ant-mimicking spider genus *Myrmecium* Latreille, 1824 (Araneae, Corinnidae, Castianeirinae). *Zootaxa*. 4230(1): 001-095.

Canto, E.S.M., Cortez, A.C.A., Monteiro, J.S., Barbosa, F.R., Zelski, S., Souza, J.V.B. (2020). Composition and diversity of fungal decomposers of submerged wood in two lakes in the Brazilian Amazon state of Pará. *Hindawi International Journal of Microbiology*: 6582514. doi.org/10.1155/2020/6582514

Caproni, A.L., Granha, J.R.D.O., Fornaciari, A.J., Nobre, C.P., Mendonça, L.P., Berbara, R.L.L. (2018). Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in an Amazon Environment after Mining. *Floresta e Ambiente* 25(3): e20150224 <https://doi.org/10.1590/2179-8087.022415>

Cárdenas, D., Castaño Arboleda, N., Marín Canchala, N., Osorno Muñoz, M. y Agudelo Córdoba, E. (2019). *Especies de flora y fauna. De Jirijirimo a Cerro Morroco, una Muestra de la Biodiversidad en un Territorio Ancestral*. Bogotá, Colombia, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. 154 pp.

Cardona, G.I., Díaz-Cárdenas, C., Escobar, M.C., Marín, N., López, D.C. (2021). *Bacterias del suelo. En: Biología de los suelos amazónicos: vida que sostiene el bosque*. C.P. Peña-Venegas (Ed.). Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI, ISBN: 978-958-5427-30-3

Cardoso, D., Särkinen, T., Alexander, S., Amorim, A. M., Bittrich, V., Celis, M., ... & Forzza, R. C. (2017). Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(40), 10695-10700.

Carmo, L. T. D., Sotão, H. M. P., Brito, F. M. D., Moura, M. F., y Oliveira, J. R. D. (2016). Riqueza de fungos causadores de ferrugens em plantas hospedeiras da Região Metropolitana de Belém, PA, Brasil. *Hoehnea*, 43: 557-573.

Cartagena, P., & Peralta, C. (2020). Effects of Public Agricultural and Forestry Policies on the Livelihoods of Campesino Families in the Bolivian Amazon. En: M. Arce Ibarra, M.R. Parra Vázquez, E. Bello Baltazar, L. Gomes de Araujo (Eds) *Socio-Environmental Regimes and Local Visions*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-49767-5\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-49767-5_19)

Carvalho, A. C. D., Sotão, H. M. P., & França, I. F. D. (2018). Rust fungi (Pucciniales) in plants of the Adolpho Ducke Forest Reserve, Central Amazon, Brazil. *Rodriguésia*. 69: 663-672.

Castellanos, C. (2002). *Distribución espacial de la comunidad de peces en un caño de aguas negras amazónicas* (Leticia, Colombia). Tesis Dep. Biol. Uni. Nat. de Colombia – Sede Bogotá.

Castello, L., Macedo, M.N. (2016). Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. *Global Change Biology*. 22: 990-1007. doi: 10.1111/gcb.13173

Castello, L., McGrath, D.G., Hess, L.L., Coe, M.T., Lefebvre, P.A., Petry, P., Macedo, M.N., Reno, V., Arantes, C.C. (2013). The vulnerability of amazon freshwater ecosystems. *Conservation Letters*. 6: 217–229.

Castro, D., Carrijo, T.F., Serna, F.J., Peña-Venegas, C.P. (2021). Can rubber crop systems recover termite diversity in previously degraded pastures in the Colombian Amazon Region? *Neotropical Entomology*. <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00905-y>

Castro, D., Constantini, J.P., Scheffrahn, R.H., Carrijo, T.F., Cancello, E.M. (2020). *Rustitermes boeroi*, a new genus and species of soldierless termites (Blattodea, Isoptera, Apicotermitinae) from South America. *ZooKeys* 922: 35–49. <https://doi.org/10.3897/zookeys.922.47347>

Castro, D., y Fernández, F. (2021). Macrofauna edáfica. En: *Biología de los suelos amazónicos: vida que sostiene el bosque*. C.P. Peña-Venegas (Ed.). Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI, ISBN: 978-958-5427-30-3

Castro, D., Fernández, F., Meneses, A., Tocora, M., Sánchez, S., Peña-Venegas, C.P. (2018). A preliminary checklist of soil ants (Hymenoptera: Formicidae) of Colombian Amazon. *Biodiversity Data Journal* 6: e29278. <https://doi.org/10.3897/BDJ.6.e29278>

Castro, D., Fernández, F., Scheffrahn, R.H., Peña-Venegas, C.P. (2021). Ant and termite diversity of the Colombian Amazon soils. En: *Keep soil alive, protect soil biodiversity: Global Symposium on Soil Biodiversity*. 11-22 Abril 2021. Proceedings. FAO, Roma. <https://doi.org/10.4060/cb7374en>

Castro, D., & Peña-Venegas, C.P. (2018). First record of *Embiratermes ignotus* Constantino 1991 (Termitidae: Syntermitinae) in Colombia. *Dugesiana* 25(2): 111-113

Castro, D., & Scheffrahn, R. (2019). A new species of *Acorhinotermes* Emerson, 1949 (Blattodea, Isoptera, Rhinotermitidae) from Colombia, with a key to Neotropical Rhinotermitinae species based on minor soldiers. *Zookeys* 891: 61-70. DOI:10.3897/zookeys.891.37523

Cassundé, G.F., Sturaro, M.J., Maciel, A.O., Prudente, A.L.C., Sarmento, J.F.M., Peloso, P. (2022). The amphibians of Pará, Brazil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 17(2): 445-473.

Celestino, J.R., Carvalho, L.E., Lima, M.P., Lima, A.M., Oguusku, M.M., Souza, J.V.B. (2014). Bioprospecting of Amazon soil fungi with the potential for pigment production. *Process Biochemistry* 49: 569-575.

Cenciani, K., Lambais, M.R., Cerri, C.C., Azevedo, L.C.B., Feigl, B.J. (2009). Bacteria diversity and microbial biomass in forest, pasture and fallow soils in the southwestern amazon basin. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*. 33: 907-916.

Centro de Investigación y Promoción del Campesinado - CIPCA (2021). *Experiencias de respuestas de comunidades campesinas e indígenas frente al coronavirus en Bolivia*. Documento de trabajo interno. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. La Paz. 96 p.

Cerqueira, A.E.S., Silva, T.H., Nunes, A.C.S., Nunes, D.D., Lobato, L.C., Veloso, T.G.R., De Paula, S.O., Kasuya M.C.M., Silva, C.C. (2018). Amazon basin pasture soils reveal susceptibility to phytopathogens and lower fungal community dissimilarity than forest. *Applied Soil Ecology*. 131: 1-11.

Cevallos, G. (2012). *Checklist de líquenes y hongos liquenícolas de Ecuador Continental*. Tesis de maestría, Universidad Rey Juan Carlos. Móstoles, Madrid, España. 35 pp.

Chiquito, E. A., Caccavo, A., Santos, C.F., Semedo, T.B.F., Costa-Pinto, A.L., Astua, D., Bezerra, A.M.R., Silva, C.R., Guerra, E.B., Goncalves, P.R., Althoff, S.L., Trigo, T.C., Percequillo, A.R. (2021). Mammal collections in Brazil: overview and database. *Brazilian Journal of Mammalogy*, 90: e90202105.

Clement, C.R., Denevan, W.M., Heckenberger, M.J., Junqueira, A.B., Neves, E.G., Teixeira, W.G., Woods, W.I. (2015). The domestication of Amazonia before European conquest. *Proc. R. Soc. B* 282: 20150813. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.0813>

Clerici, N., Armenteras, D., Kareiva, P., Botero, R., Ramírez-Delgado, J. P., Forero-Medina, G., ... & Biggs, D. (2020). Deforestation in Colombian protected areas increased during post-conflict periods. *Scientific reports*, 10(1), 4971.

Coelho, S.D., Levis, C., Baccaro, F.B., Figueiredo, F.O.G., Pinassi Antunes, A., Steege, H., Peña-Claros, M., Clement Schietti, J. (2021). Eighty-four per cent of all Amazonian arboreal plant individuals are useful to humans. *PLOS ONE* 16(10): e0257875. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257875>

Colehour, A.M., Meadow, J.F., Liebert, M.A., Cepon-Robins, T.J., Gildner, T.E., Urlacher, S.S., Bo-hannan, B.J.M., Snodgrass, J.J., Sugiyama, L.S. (2014). Local domestication of lactic acid bacteria via cassava beer fermentation. *PeerJ* 2: e479. DOI 10.7717/peerj.479

Constantino, R. & Acioli, A.N.S. (2006). Termite diversity in Brazil (Insecta: Isoptera). En: *Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems*. F. Moreira, J.O. Siqueira, L. Brussaard (Eds). CAB International. 117-128 pp.

Constantino, R. & Acioli, A.N.S. (2008). *Diversidade de cupins (Insecta: Isoptera) no Brasil*. En: *Diversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. F.M.S. Moreira, J.O. Siqueira, L. Brussaard Eds. UFLA – Labras, Brasil. 278-297 pp.

Contini, E. & Aragão, A. (2020). *O agro brasileiro alimenta 800 milhões de pessoas*. Embrapa. [www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf](http://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf)

Convenio sobre la Diversidad Biológica - CDB (2004). Decisión VII/28 Programa de Trabajo de Áreas Protegidas. Recuperado de <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=7765>

Cope, E. D. (1887). Synopsis of the Batrachia and Reptilia obtained by H. H. Smith, in the Province of Mato Grosso, Brazil. *Proceedings of the American Philosophical Society* 24: 44–60.

Corrales, A., Henkel, T. W., & Smith, M. E. (2018). Ectomycorrhizal associations in the tropics–biogeography, diversity patterns and ecosystem roles. *New phytologist*, 220(4): 1076-1091.

Corrales, A., Koch, R. A., Vasco-Palacios, A. M., Smith, M. E., Ge, Z. W., & Henkel, T. W. (2022). Diversity and distribution of tropical ectomycorrhizal fungi. *Mycologia*, 114(6), 919-933.

Cossu, T., Lücking, R., Vargas-Estupiñán, N., Carretero, J., Vasco-Palacios, A., Moncada, B., ... & Diazgranados, M. (2022). Annotated Checklist of Fungi of Colombia. In R. Almeida, R. Lucking, A.M. Vasco-Palacios, E. Gaya, & M. Diazgranados (Eds.), *Catalogue of Fungi of Colombia*, pp 209-424

Costa, H. C., & Bérnuls, R. S. (2018). Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas: Lista de espécies. *Herpetologia Brasileira*, 7(1), 11–57.

Costa, H.C., Guedes, T. & Bérnuls, R.S. 2022 (2021). Lista de répteis do Brasil: padrões e tendências. *Herpetologia Brasileira*, 10(3), 110–279.

da Silva Cáceres, M. E., dos Santos Vieira, T., De Jesus, L. S., y Lücking, R. (2012). New and interesting lichens from the Caxiuan? National Forest in the Brazilian Amazon. *The Lichenologist*, 44(6): 807.

da Silva, J. M. C., Rylands, A.B., Dafonseca, G. A B. (2005). The fate of Amazonian of endemism. *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 689–694, 2005.

da Silva, V., Trujillo, F., Martin, A., Zerbini, A.N., Crespo, E., Aliaga-Rossel, E. & Reeves, R. (2018). Inia geoffrensis. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2018: e. T10831A50358152. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T10831A50358152.en>

Dagosta, F.C.P., & De Pinna, M. (2019). The Fishes of the Amazon: Distribution and Biogeographical Patterns, with a Comprehensive List of Species. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. (431): 1-163.

Dagosta, F.C.P., de Pinna, M., Peres, C.A., Tagliacollo, V.A. (2020). Existing protected areas provide a poor safetynet for threatened Amazonian fish species. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst*. 1-23. <https://doi.org/10.1002/aqc.3461>

Dahlberg, A. & Mueller, G.M. (2011). Applying IUCN red-listing criteria for assessing and reporting on the conservation status of fungal species. *Fungal ecology*. 4(2): 147-162.

de Oliveira, A. I. & Aversa, L. G. F. (2019). A Amazônia azul fronteira marítima do Brasil: importância estratégica e imperativos para a defesa nacional. Capítulo 5. Pp. 151- 178. En: *Fronteiras do Brasil uma avaliação de política pública*. B. Pego & R. Moura (Eds.). Vol. 1. IPEA e Ministério da Integração Nacional.

de Oliveira Mendonça, C., Aptroot, A., Lücking, R., & Cáceres, M. E. (2020). Global species richness prediction for Pyrenulaceae (Ascomycota: Pyrenulales), the last of the “big three” most speciose tropical microlichen families. *Biodiversity and Conservation*. 29(3): 1059-1079.

de Oliveira, G. V., Correa, M. M., Goes, I. M. A., Machado, A. F. P., de Sa-Neto, R. J., & Delabie, J. H. C. (2015). Interactions between Cecropia (Urticaceae) and ants (Hymenoptera: Formicidae) along a longitudinal east-west transect in the Brazilian Northeast. *Annales De La Societe Entomologique De France*, 51, 153-160. doi:10.1080/00379271.2015.1061231.

Delêtre, M., McKey, D.B., Hodkinson, T.R. (2011). Marriage exchanges, seed exchanges, and the dynamics of manioc diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(45): 18249–18254

Demetrio, W.C., Conrado, A.C., Acioli, A., Ferreira, A.C., Bartz, M.L.C., James, S.W., Silva, E., Maia, L.S., Martins, G.C., Macedo, R.S., Stanton, D.W.G., Lavelle, P., Velasquez, E., Zangerlé, A., Barbosa, R., Tapia-Coral, S., Muniz, A.W., Santos, A., Ferreira, T., Segalla, R.F., Decaëns, T., Nadolny, H.S., Peña-Venegas, C.P., Maia, C.S., Pasini, A., Motta, A.F., Júnior, P.S.T., Silva, T.A., Rebellato, L., Júnior, R.C.O., Neves, E., Lima, H.P., Feitosa, P., Torrado, P.V., McKey, D., Clement, C.R., Shock, M.P., Teixeira, W.G., Motta, A.C.V., Melo, V.F., Dieckow, J., Garrastazu, M., Chubatsu, L., TPI Network, Kille, P., Brown, G.G., Cunha, L. (2019). Anthropogenic soils promote biodiversity in Amazonian rainforests. *bioRxiv*. doi: <https://doi.org/10.1101/552364>

Demetrio, W.C., Conrado, A.C., Acioli, A., Ferreira, A.C., Bartz, M.L.C., James, S.W., Silva, E., Maia, L.S., Martins, G.C., Macedo, R.S., Stanton, D.W.G., Lavelle, P., Velásquez, E., Zangerlé, A., Barbosa, R., Tapia-Coral, S., Muniz, A.W., Santos, A., Ferreira, T., Segalla, R.F., Decaëns, T., Nadolny, H.S., Peña-Venegas, C.P., Maia, C.S., Pasini, A., Motta, A.F., Júnior, P.S.T., Silva, T.A., Rebellato, L., Júnior, R.C.O., Neves, E., Lima, H.P., Feitosa, P., Torrado, P.V., McKey, D., Clement, C.R., Shock, M.P., Teixeira, W.G., Motta, A.C.V., Melo, V.F., Dieckow, J., Garrastazu, M., Chubatsu, L., TPI Network, Kille, P., Brown, G.G., Cunha, L. (2020). A “Dirty” Footprint: Macroinvertebrate diversity in Amazonian Anthropic Soils. *Global Change Biology* 27: 4575-4591.

Dias, S.C. & Bonaldo, A.B. (2012). Abundância relativa e riqueza de espécies de aranhas (Arachnida, Araneae) em clareiras originadas da exploração de petróleo na bacia do rio Urucu (Coari, Amazonas, Brasil). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. *Ciências Naturais*. 7:123-152.

Dias, S.C., Carvalho, L.S., Bonaldo, A.B. & Brescovit, A.D. (2009). Refining the establishment of guilds in Neotropical spiders (Arachnida: Araneae). *Journal of Natural History*. 44: 219-239

Doherty, M., Yager, P.L., Moran, M.A., Coles, V.J., Fortunato, C.S., Krusche, A.V., Medeiros, P.M., Payet, J.P., Richey, J.E., Satinsky, B.M., Sawakuchi, H.O., Ward, N.D., Crump, B.C. (2017). Bacterial Biogeography across the Amazon River-Ocean Continuum. *Frontiers of Microbiology* 8:882. doi: 10.3389/fmicb.2017.00882

Domic-Rivadeneira, E., Montaño, R., Rey-Ortíz, G., Lizarro, D., Carvajal-Bacarreza, P., Acebey, C., Ureña-Aranda, C. A., Gutiérrez, E. K., Aliaga-Rossel, E., Cortez, C., Aparicio, J., Camacho-Badani, T., Cortéz, E., Estrada-Groux, F., Forero-Medina, G., Gonzales, L., Guizada-Durán, L., Nascimento-Ferreira, A., Ocampo, M., Paredes, M., Rodríguez-Auad, K., Wallace, R., Pacheco, L. F., & Miranda, G. (2021). Tortugas de Bolivia: prioridades en investigación y conservación. *Kempffiana*, 17(1), 42-62.

Domínguez-López, M. E., & Ortega-Álvarez, R. (2014). The importance of riparian habitats for avian communities in a highly human-modified Neotropical landscape. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 1217-1227. <https://doi.org/10.7550/rmb.43849>

Doria, C. R. C., Agudelo, E., Akama, A., Barro, B., Bonfim, M., Carneiro, L., et al. (2021). The silent threat of no-native fish in the Amazon: ANNF database and review. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 646702. doi: 10.3389/fevo.2021.646702.

Duellman, W.E. & Campbell, J.A. (1982). A new frog of the genus *Ptychohyla* (Hylidae) from the Sierra de las Minas of Guatemala. *Herpetologica* 38(3): 374–380

Duellman, W. E. (1988). Patterns of Species Diversity in Anuran Amphibians in the American Tropics. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, v.75, n.1, p.79-104.

Duellman, W. E. (1990). Herpetofaunas in Neotropical Rainforests: Comparative Composition, History, and resource Use. In: A. H. Gentry (Ed.) *Four Neotropical Rainforests*. Yale University Press, New Haven, CT. cap. 24, p.455-505.

Durán-Bautista, E. H., Muñoz Chilatra, Y., Galindo, J. D., Ortiz, T. A., & Bermúdez, M. F. (2020). Soil physical quality and relationship to changes in termite community in Northwestern Colombian Amazon. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 598134. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.598134>.

Duputié, A., Massol, F., David, P., Haxaire, C., & McKey, D. (2009). Traditional Amerindian cultivators combine directional and ideotypic selection for sustainable management of cassava genetic diversity. *Journal of Evolutionary Biology*, 22, 1317-1325.

Ebird (2022). <Https://ebird.org/region/CO-AMA/hotsports> [Consulta: 13/01/2022]

Elias, M., Mühlen, G. S., McKey, D., Roa, A. C., & Tohme, J. (2004). Genetic diversity of traditional South American landraces of cassava (*Manihot esculenta* Crantz): An analysis using microsatellites. *Economic Botany*, 58(2), 242–256.

Elizalde, L., Arbetman, M., Arnan, X., Eggleton, P., Leal, I. R., Lescano, M. N., et al.... Pirk, G. I. (2020). The ecosystem services provided by social insects: traits, management tools and knowledge gaps. *Biological Reviews*, 00–00. doi: 10.1111/brv.12616

Emin-Lima, R., Machado, F. A., Siciliano, S., Gravena, W., Aliaga-Rossel, E., de Sousa e Silva, J. Jr., Hingst-Zaher, E., & de Oliveira, L. R. (2022). Morphological disparity in the skull of Amazon River dolphins of the genus *Inia* (Cetacea, Iniidae) is inconsistent with a single taxon. *Journal of Mammalogy*, gyac039. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyac039>.

Emperaire, L., & Peroni, N. (2007) Traditional management of agrobiodiversity in Brazil: A case study of manioc. *Human Ecology*. 35: 761-768.

Enríquez Orellana, S., y Peralta-Rivero, C. (2020). Caracterización y evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agroforestales en la Amazonia Sur de Bolivia. *Cuaderno de investigación* 89. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. La Paz. 226 pp.

Exbrayat, J. F., Liu, Y. Y., & Williams, M. (2017). Impact of deforestation and climate on the Amazon Basin's above-ground biomass during 1993–2012. *Scientific reports*, 7(1), 1-7

Fagundes, R., Terra, G., Ribeiro, S.R., Majer, J.D. (2010). O bambu Merostachys fischeriana (Bambusoideae: Bambuseae) como habitat para formigas de floresta tropical montana. *Neotropical Entomology*. 39(6): 906-911.

Faoro, H., Alves, A. C., Souza, E. M., Rigo, L. U., Cruz, L. M., Al-Janabi, S. M., Monteiro, R. A., Baura, V. A., & Pedrosa, F. O. (2010). Influence of soil characteristics on the diversity of bacteria in the Southern Brazilian Atlantic Forest. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(4), 4744-4749.

Fearnside, P. M. (2015). Deforestation soars in the Amazon. *Nature*, 521(7553), 423-423.

Fearnside, P. M. (2008). Amazon forest maintenance as a source of environmental services. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 80, 101-114.

Feeley, K. (2015). Are we filling the data void? An assessment of the amount and extent of plant collection records and census data available for tropical South America. *PLoS One*, v. 10, n. 4, p. e0125629.

Feeley, K. J., & Silman, M. R. (2011). The data void in modeling current and future distributions of tropical species. *Global Change Biology*, v. 17, n. 1, p. 626–630, 2011.

Feitosa, L. M., & Nunes, J. L. S. (2020). A new record of Carcharhinus leucas in an Amazonian river system. *Boletim do laboratorio de Hidrobiología*, 30, 62-67. DOI: 10.18764/1981-6421e2020.6

Feijoo, A., & Celis, L. V. (2011). Earthworms (Oligochaeta: Glossoscolecidae) of the Amazon region of Colombia. *Zootaxa*, 3201, 27-44.

Feijoo, A., & Celis, L. V. (2012). New species of earthworms (Oligochaeta: Glossoscolecidae) in the Amazon region of Colombia. *Zootaxa*, 3458, 103-119.

Feijoo-Martínez, A., Peña-Venegas, C. P., & Zuluaga, L. F. (2020). Especies nuevas de lombrices de tierra (Oligochaeta: Rhinodrilidae) de la Amazonía colombiana. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91, e913085.

Feldhamer, G. A., Drickamer, L. C., Vessey, S. H., & Merritt, J. F. (1999). *Mammalogy: Adaptation, diversity, and ecology*. McGraw-Hill. Massachusetts. 563 pp.

Ferguson, M. E., Hearne, S. J., Close, T. J., Wanamaker, S., Moskal, W. A., Town, C. D., Young, J., Marri, P. R., Rabbi, I. Y., & Villiers, E. P. (2012). Identification, validation and high-throughput genotyping of transcribed gene SNPs in cassava. *Theoretical and Applied Genetics*, 124, 685-695.

Feuerer, T. & Hawksworth, D.L. (2007). Biodiversity of lichens, including a world-wide analysis of checklist data based on Takhtajan's floristic regions. *Biodiversity and conservation*. 16(1): 85-98.

Fidalgo, O. (1967). Conhecimento micológico dos índios brasileiros. *Revista de Antropología*, 27-34.

Fidalgo, O., & Hirata, J. M. (1979). Etnomicologia Caibi, Txicão e Txucar-ramãe. *Rickia*, 8, 1-6.

Fidalgo, O., & Prance, G. T. (1976). The ethnomycology of the Sanama Indians. *Mycologia*, 68(1), 201-210.

Filizola, N., & Guyot, J. L. (2009). Suspended sediment yields in the Amazon basin: an assessment using the Brazilian national data set. *Hydrological Processes: An International Journal*, 23(22), 3207-3215.

Filizola, N., Guyot, J.-L., Wittmann, H., Martinez, J.-M., & Oliveira, E. (2011). The Significance of Suspended Sediment Transport Determination on the Amazonian Hydrological Scenario. In J. Andrew & Eds. Manning (Eds.), *Sediment Transport in Aquatic Environments* (pp. 45-64). Rijeka, Croatia: InTech.

Finer, M., Jenkins, C. N., Pimm, S. L., Keane, B., & Ross, C. (2008). Oil and gas projects in the western Amazon: threats to wilderness, biodiversity, and indigenous peoples. *PloS one*. 3(8): e2932.

Finlay, R. D. (2008). Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium. *Journal of experimental botany*, 59(5), 1115-1126.

Flach, R., Abrahão, G., Bryant, B., Scarabello, M., Soterroni, A. C., Ramos, F. M., Valin, H., Oberssteiner, M., & Cohn, A. S. (2021). Conserving the Cerrado and Amazon biomes of Brazil protects the soy economy from damaging warming. *World Development*, 146, 105582. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105582>

Flakus, A. (2013). Folivorous lichenized fungi of lowland Amazon forests in Pando, Bolivia. *Polish Botanical Journal*. 58(2): 539-554.

Fonseca, J. P., Hoffmann, L., Cabral, B. C. A., Dias, V. H. G., Miranda, M. R., Martins, A. C. A., Boschiero, C., Bastos, W. R., & Silva, R. (2018). Contrasting the microbiomes from forest rhizosphere and deeper bulk soil from an Amazon rainforest reserve. *Gene*, 642, 389-397.

Fracetto, G. G. M., Azevedo, L. C. B., Fracetto, F. J. C., Andreote, F. D., Lambais, M. R., & Pfenning, L. H. (2012). Impact of Amazon land use on the community of soil fungi. *Scientia Agricola*, 70(2), 59-67.

Franco-Molano, A. E., Vasco-Palacios, A. M., López-Quintero, C. A. y Boekhout, T. (2005). Macro-hongos de la región del Medio Caquetá-Colombia. *Guía de campo*. Universidad de Antioquia, Medellín, pp.1-211.

Freitas, R. O., Buscardo, E., Nagy, L., Maciel, A. B. S., Carrenho, R., & Luizão, R. C. C. (2014). Arbuscular mycorrhizal fungal communities along a pedo-hydrological gradient in a Central Amazonian terra firme forest. *Mycorrhiza*, 24, 21-32.

Gadelha Jr., L. M. R., de Siracusa, P. C., Dalcin, E. C., Estevão da Silva, L. A., Augusto, D. A., Krempser, E., , (2020). A survey of biodiversity informatics: concepts, practices, and challenges. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 11, e1394. <https://doi.org/10.1002/widm.1394>.

Gamboa-Trujillo, P., Wartchow, F., Cerón-Martinez, C., Andi, D., Uwinjin, P., Grefa, G., Entza, M., Chimbo, E., Chimbo, J., Payaguaje, J. and Piyaguaje, N. (2019). Edible Mushrooms of Ecuador: consumption, myths and implications for conservation. *Ethnobotany Research and Applications*. 18: 1-15.

Garcia-Moreno, J., Harrison, I., Dudgeon, D., Clausnitzer, V., Darwall, W., Farrell, T., ... Tubbs, N. (2014). Sustaining freshwater biodiversity in the Anthropocene. In J. Bogardi, A. Bhaduri, J. Lentvaar, & S. Marx (Eds.), *The global water system in the anthropocene: Challenges for science and governance* (pp. 247– 270). Basel: Springer International. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07548-8\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07548-8_17)

Gardner, A. L. (Ed.). (2008). *Mammals of South America, volume 1: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats* (Vol. 2). University of Chicago Press.

Gardner, S. L., Botero-Cañola, S., Aliaga-Rossel, E., Tsogtsaikhan Dursahinhan, A., & Salazar-Bravo, J. (2021). Conservation status and natural history of Ctenomys, tuco-tucos in Bolivia. *HERYA*, 12(1), 15-36. doi:10.12933/therya-21-1035

Gaya, E., Vasco-Palacios, A. M., Vargas-Estupiñán, N., Lücking, R., Carretero, J., Sanjuan, T., Moncada, B., Allkin, B., Bolaños Rojas, A. C., Castellanos-Castro, C., Coca, L. F., Corrales, A., Cossu, T., Davis, L., de Souza, J., Dufat, A., Franco-Molano, A. E., García, F., Gómez-Montoya, N., González-Cuellar, F. E., Hammond, D., Herrera, A., Jaramillo-Ciro, M. M., Lasso Benavides, C., Mira, M. P., Morley, J., Motato-Vásquez, V., Niño-Fernández, Y., Ortiz-Moreno, M. L., Peña-Cañón, E. R., Ramírez-Castrillón, M., Rojas, T., Ruff, J., Simijaca, D., Sipman, H. J. M., Soto-Medina, E., Torres, G., Torres-Andrade, P. A., Ulian, T., White, K., & Diazgranados, M. (2021). *ColFungi Colombian resources for Fungi Made Accessible*. Royal Botanic Gardens, Kew. 36p.

GBIF (2018) *Best Practices in Publishing Sampling-event data*, version 2.2. Copenhagen: GBIF Secretariat. <https://ipt.gbif.org/manual/en/ipt/2.5/best-practices-sampling-event-data>

Gidsicki, D. (2012). *Protocolo para evaluar la eficacia de la gestión de mosaicos en áreas protegidas*. (Maestría en Conservación y Uso de Recursos Naturales) - INPA, Manaus, 2012.

Gibertoni, T. B., Medeiros, P. S., Soares, A. M., Gomes-Silva, A. C., Santos, P. J., Sotão, H. M., ... & Savino, E. (2016). The distribution of polypore fungi in endemism centres in Brazilian Amazonia. *Fungal ecology*, 20, 1-6.

Glanz, W. E., & Anderson, S. (1990). Notes on Bolivian Mammals. 7. A New Species of Abrocoma (Rodentia) and Relationships of the Abrocomidae. *Novitates American Museum of Natural History*, 2991, 1–32.

Glaser, B., & Birk, J.J. (2012). State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Indio). *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 82: 39-51

Glausiusz, J. (2022). Global population is crashing, soaring, and moving. *Nature* 604: 33-34 doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-022-00926-6>

Gomes, V., & Saldanha-Corrêa, F. (2021). *A Vida no Mar*. Capítulo 20.

Gomes, V. H., Vieira, I. C., Salomão, R. P., & ter Steege, H. (2019). Amazonian tree species threatened by deforestation and climate change. *Nature Climate Change*, 9(7), 547-553.

Gómez-Salazar, C., Portocarrero-Aya, M., Trujillo, F., Caballero, S., Bolaños-Jiménez, J., Utreras, V., McGuire, T., Ferrer-Pérez, A., Pool, M., & Aliaga-Rossel, E. (2010). Update on the freshwater distribution of Sotalia in Colombia, Ecuador, Peru, Venezuela and Suriname. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 8(1-2), 171-178.

Griffiths, H. M., Ashton, L. A., Walker, A. E., Hasan, F., Evans, T. A., Eggleton, P., & Parr, C. L. (2018). Ants are the major agents of resource removal from tropical rainforests. *Journal of Animal Ecology*, 87(1), 293-300. doi: 10.1111/1365-2656.12728.

Grupe, A.C., Vasco-Palacios, A.M., Smith, M.E., Boekhout, T. & Henkel, T.W. (2016). Sarcodon in the Neotropics II: four new species from Colombia and a key to the regional species. *Mycologia*, 108(4): 791-805.

Guerra-Serrudo, F., Herrera, N., & Aliaga-Rossel, E. (2023). *Tarántulas (Araneae: Theraphosidae) de Bolivia y su estado de conservación*. er(1), 37-60.

Gupta, A. (2011). *Tropical Geomorphology*. Cambridge, 386 pp. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511978067>

Haddad, C. F. B., & Prado, C. P. A. (2005). Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic forest in Brazil. *BioScience*, 55, 207-217.

Hager, A. M., Larson, J., Ugbah, N. K., & Ramesh, V. (2017). Oil Extraction in the Ecuadorian Amazon: Incorporating Conflict Resolution Theory and Practice. *Conflict Resolution Quarterly*, 35(2), 243-267.

Halling, R. (1996) Boletaceae (Agaricales): Latitudinal biodiversity and biological interactions in Costa Rica and Colombia. *Revista de Biología Tropical* 44 (Suppl 4): 111-114

Hanada, R. E., Pomella, A. W. V., Costa, H. S., Bezerra, J. L., Loguercio, L. L., & Pereira, J. O. (2010). Endophytic fungal diversity in *Theobroma cacao* (cacao) and *T. grandiflorum* (cupuacu) trees and their potential for growth promotion and biocontrol of black-pod disease. *Fungal Biology*, 114, 901-910.

Hawksworth, D. L., & Lücking, R. (2017). Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. *Microbiology spectrum*, 5(4), 5-4.

Heckler, S., & Zent, S. (2008). Piaroa manioc varietals: Hyperdiversity or social currency? *Human Ecology*, 36, 679-697.

Henkel, T. W., Terborgh, J., & Vilgalys, R. J. (2002). Ectomycorrhizal fungi and their leguminous hosts in the Pakaraima Mountains of Guyana. *Mycol Res*, 106, 515-531. <https://doi.org/10.1017/s0953756202005919>

Henkel, T. W., Aime, M. C., Chin, M., & Andrew, C. (2004). Edible mushrooms from Guyana. *Mycologist*, 18(3), 104-111.

Henkel TW, Aime MC, Uehling JK, Smith ME (2011) New species and distribution records of Clavulinina (Cantharellales, Basidiomycota) from the Guiana Shield. *Mycologia* 103, 883–894. doi: 10.3852/10-35

Henkel, T. W., Aime, M. C., Chin, M. M. L., Miller, S. L., Vilgalys, R., & Smith, M. E. (2012). Ectomycorrhizal fungal sporocarp diversity and discovery of new taxa in Dicymbe monodominant forests of the Guiana shield. *Biodivers Conserv*, 21, 2195-2220. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0166-1>

Hernández-García, L. M., Bartz, M. L., Burgos-Guerrero, J. E., Sousa, S. C., Rousseau, G. X., & James, S. W. (2018). Additions to Andiorrhinus (Turedrilus) (Rhinodrilidae, Clitellata) from Eastern Amazonia. *Zootaxa*, 4496(1), 481-491.

Hernández-García, L. M., Burgos-Guerrero, J. E., Santos, B. T. S., Rousseau, G. X., & James, S. W. (2018). Three new species of Holoscolex (Clitellata, Glossoscolecidae) from the Gurupi Biological Reserve, last forest remnant of the Belém Endemism Area, Eastern Amazon. *Zootaxa*, 4496(1), 459-471.

Herrick, J. E., Neff, J., Quandt, A., Salley, S., Maynard, J., Ganguli, A., & Bestelmeyer, B. (2019). Prioritizing land for investments based on short- and long-term land potential and degradation risk: A strategic approach. *Environmental Science and Policy*, 96, 52-58.

Hoorn, C., Wesselinng, F. P., ter Steege, H., Bermudez, M. A., et al. (2010). Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *Science*, 330, 927. DOI: 10.1126/science.1194585

Höfer, H., & Brescovit, A. D. (2001). Species and guild structure of a Neotropical spider assemblage (Araneae) from Reserva Ducke, Amazonas, Brazil. *Andrias*, 15, 99-119.

Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1990). *The ants*. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press.

Hopkins, M. J. G. (2007) Modelling the known and unknown plant biodiversity of the Amazon Basin. *Journal of Biogeography*, v. 34, n. 8, p. 1400–1411

IBAMA (2002). *Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea – ProVárzea: Conceito e Estratégia*. Manaus: Ibama/ProVárzea, 2002.

Ibisch, P. L. & Mérida, G. (Eds.) (2003). *Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación*. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN, Santa Cruz. 638 p

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2018). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI - Peixes. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.). *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. Brasília: ICMBio. 1232p.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2018). *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VII – invertebrados*. Brasília, DF, 730 pp.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio (2017). <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/legislacao/instrucao-normativa/563-2017.html>

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio (2022). <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/legislacao/instrucao-normativa/694-2022.html>

IPBES (2021). *Evaluación Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Resumen para Tomadores de Decisión*. Available at: <http://www.humboldt.org.co/images/pdf/RTD%20Final%20v290521%20Lanzamiento.pdf>

IUCN (2021). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2021-3. <https://www.iucnredlist.org>. Accessed on [14-04-2022].

IUCN (2022). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org>. Accessed on 15 august 2023

James, S. W., & Brown, G. G. (2008). *Ecología e diversidade de minhocas no Brasil*. En: *Diversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. F.M.S. Moreira, J.O. Siqueira, L. Brussard, (Eds.) UFLA – Labras, Brasil. p. 193-276.

James S. A., Tagliacollo, V. A. & Dagosta, F. (2020). *Diversification of Neotropical Freshwater Fishes. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 51: 27-53. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-011620-031032>

Jaouen, G., Sagne, A., Buyck, B., Decock, C., Louisanna, E., Manzi, S., ... & Schimann, H. (2019). Fungi of French Guiana gathered in a taxonomic, environmental and molecular dataset. *Scientific Data*, 6(1), 206.

Jaramillo, P. M. D., Guimarães, A. A., Florentino, L. A., Silva, K. B., Nóbrega, R. S. A., & Moreira, F. M. S. (2013). Symbiotic nitrogen-fixing bacterial populations trapped from soils under agroforestry systems in the Western Amazon. *Scientia Agricola*, 70(6), 397-404.

Jesus, E. C., Marsh, T. L., Tiedje, J. M., & Moreira, F. M. S. (2009). *Changes in land use alter the structure of bacterial communities in Western Amazon soils*. International Society for Microbial Ecology, 3, 1004-1011.

Jézéquel, C., Tedesco, P. A., Bigorne, R., Maldonado-Ocampo, J., Ortega, H., Hidalgo, M., Martens, K., Torrente-Vilara, G., Zuanon, J., Acosta, A., Agudelo, E., Barrera, S., Douglas, M. A., Bastos, , J., Bogotá G., Cabeceira, F. G., Canto, A. L. C., Carvajal-Vallejos, F. M., Carvalho, L. N., Cella-Ribeiro, A., Covain, R., Donascimiento, C., Dória, C. R. C., Duarte, C., Ferreira, E. J. G., Galuch, A. V., Giarrizzo, T., Leitão, R. P., Lundberg, J. G., Maldonado, M., Mojica, J. I., Montag, L. F. A., Ohara, W. M., Pires, T. H. S., Pouilly, M., Prada-Pedreros, S., de Queiroz, L. J., Py-Daniel, L. R., Ribeiro, F. R. V., Ríos Herrera, R., Sarmiento, J., Sousa, L. M., Stegmann, L. F., Valdiviezo-Rivera, J., Villa, F., Yunoki, T., & Oberdorf, T. (2020a). A data base of freshwater fish species of the Amazon basin. *Scientific Data*, 7, 96. doi:10.1038/s41597-020-0436-4.

Jézéquel, C., Tedesco, P. A., Darwall, W., Dias, M. S., Frederico, R. G., Hidalgo, M., Hugueny, B., Maldonado-Ocampo, J., Martens, K., Ortega, H., Torrente-Vilara, G., Zuanon, J., & Oberdorff, T. (2020b). Freshwater fish diversity hotspots for conservation priorities in the Amazon Basin. *Conserv Biol.* 34(4), 956-965. doi: 10.1111/cobi.13466. Epub 2020 Mar 23. PMID: 31990088.

Jonkers, W.B.J. (1987). *Vegetation structure, logging damage and silviculture in a tropical rainforest in Suriname*, *Biological Conservation*. Wageningen, The Netherlands. doi:10.1016/0006-3207(89)90022-0.

Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Lourival, R., Wittmann, F., Kandus, P., Lacerda, L. D., Bozelli, R. L., Esteves, F. A., Cunha, C. N., Maltchik, L., Schongart, J., Schaeffer-Novelli, Y., Agostinho, A. A., Nóbrega, R. L. B. (2014). Definição e classificação das Áreas Úmidas (AUs) brasileiras: base científica para uma nova política de proteção e manejo sustentável. In: Cunha, C. N., Piedade, M. T. F., Junk, W. J. (Org.). *Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats*. 1. ed. Cuiabá: INCT-INAU – EdUFMT, p. 13-76.

Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Schongart, J., Cohn-Haft, M., Adeney, J. M., Wittmann, F. (2011). *A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands*. *Wetlands*. 31 (4): 623–640.

Kalamandeen, M., Gloor, E., Mitchard, E., Quincey, D., Ziv, G., Spracklen, D., & Galbraith, D. (2018). Pervasive rise of small-scale deforestation in Amazonia. *Scientific reports*, 8(1), 1-10.

Karpouzas, D. G., Papadopoulou, E., Ipsilonantis, I., Friedel, I., Petric, I., Udikovic-Kolic, N., ... & Martin-Laurent, F. (2014). Effects of nicosulfuron on the abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi used as indicators of pesticide soil microbial toxicity. *Ecological Indicators*, 39, 44-53.

Kern, D. C., Lima, H. P., Costa, J. A., Lima, H. V., Ribeiro, A. B., Moraes, B. M., & Kämpf, N. (2017). Terras pretas: Approaches to formation processes in a new paradigm. *Geoarchaeology*, 32, 694–706.

Kim, J. S., Sparovek, G., Longo, R. M., Melo, W. J., & Crowley, D. (2007). Bacterial diversity of Terra Preta and pristine forest soil from the Western Amazon. *Soil Biology & Biochemistry*, 39, 684–690.

Koch, N. M., de Azevedo Martins, S. M., Lucheta, F., & Müller, S. C. (2013). Functional diversity and traits assembly patterns of lichens as indicators of successional stages in a tropical rainforest. *Ecological Indicators*, 34, 22-30.

Komposch, H., & Hafellner, J. (2000). Diversity and vertical distribution of lichens in a Venezuelan tropical lowland rain forest. *Selbyana*, pp. 11-24.

La Marca, E., Lips, K., Lotters, S., Puschendorf, R., Ibáñez, J., Rueda-Almonacid, J., Schulte, R., Marty, C., Castro, F., Manzanillo-Puppo, J., García-Pérez, J., Bolaños, F., Chavez, G., Pounds, A., Toral, E., & Young, B. (2005). Catastrophic population declines and extinction in Neotropical harlequin frogs (Bufonidae: Atelopus). *Biotropica*, 37, 190–201.

Laatikainen, T., & Heinonen-Tanski, H. (2002). Mycorrhizal growth in pure cultures in the presence of pesticides. *Microbiological Research*, 157(2), 127-137.

Lambertini, C., Ernetti, J. R., Missassi, A. F. R., Jorge, R. F., da Silva Leite, D., Lima, A. P., & Toledo, L. F. (2022). Chytrid fungus in amphibians from the lowland Brazilian Amazon. *Diseases of Aquatic Organisms*, 152, 115-125. <https://doi.org/10.3354/dao03709>

Lampo, M., Rodríguez, A., La Marca, E., & Daszak, P. (2006). A chytridiomycosis outbreak and a severe dry season precede the disappearance of Atelopus species from the Venezuelan Andes. *Herpetological Journal*, 16, 395-402.

Lapola, D., da Silva, J. M. C., Braga, D. R., Carpigiani, L., Ogawa, F., Torres, R. R., Ometto, J. P. H. B., & Nobre, C. A. (2019). Disponible en [onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cobi.13405](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cobi.13405).

Latrubesse, E. M., Stevaux, J. C., & Sinha, R. (2005). Tropical rivers. *Geomorphology*, 70(3-4), 187-206.

Latrubesse, E. M. (2015). Large rivers, megafans and other Quaternary avulsive fluvial systems: A potential “who’s who” in the geological record. *Earth-Science Reviews*, 146, 1-30.

Lavelle, P., & Lapiède, E. (2003). Endangered earthworms of Amazonia: an homage to Gilberto Righi. *Pedobiologia*, 47, 419–427.

Leal, P. L., Siqueira, J. O., & Stürmer, S. L. (2013). Switch of tropical Amazon forest to pasture affects taxonomic composition but not species abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Applied Soil Ecology*, 71, 72-80.

Leal, P. L., Stürmer, S. L., & Siqueira, J. O. (2009). Occurrence and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in trap cultures from soils under different land use systems in the Amazon, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 40, 111-121.

Lehmann, J., Rillig, M., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., & Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota - A review. *Soil Biology & Biochemistry*, 43(9), 1812-1836.

Leite, A. G., Assis, H. K., Silva, B. D. B., Sotão, H. M. P., & Baseia, I. G. (2011). Geastrum species from the Amazon Forest, Brazil. *Mycotaxon*, 118(1), 383-392.

Levis, C., Costa, F. R. C., Bongers, F., Peña-Claros, M., Clement, C. R., Junqueira, A. B., Neves, E. G., Tamanaha, E. K., Figueiredo, F. O. G., Salomão, R. P., et al. (2017). Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian forest composition. *Science*, 355, 925–931.

Lewinsohn, T. M., & Prado, P. I. (2005) How Many Species Are There in Brazil?. *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 619–624.

Lima, D., Steward, A., & Richers, B. T. (2012). Trocas, experimentações e preferências: um estudo sobre a dinâmica da diversidade da mandioca no médio Solimões, Amazonas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 7(2), 371-396.

Lima, M. L. M., Fernandes, J. J. de R., de Carvalho, E. R., Santos, S. de C., da Rocha, F. M., & Lima, D. de A. (2009). Soybean hulls as a replacement for ground corn in rations for lactating crossbreed cows. *Ciência Animal Brasileira*, 10(4), 1037-1043.

Lips, K.R, Diffendorfer, J., Mendelson III JR, Sears, M.W. (2008) Riding the wave: Reconciling the roles of disease and climate change in amphibian declines. *PLOS Biol.* 6: 441-454.

Lojka, B., Krausová, J., Kubík, Š., & Polesný, Z. (2010). Assessment of insect biological diversity in various land use systems in the Peruvian Amazon. In N. Rojas & R. Prieto (Eds.), *Amazon Basin: Plant Life, wildlife and environment* (pp. 103-121). Nova Science Publishers, Inc.

Lombardo, U., Arroyo-Kalin, M., Schmidt, M., Huisman, H., Lima, H. P., Moraes, C. P., Neves, E. G., Clement, C. R., Fonseca, J. A., Almeida, F. O., Alho, C. F. B. V., Ramsey, C. B., Brown, G. G., Cavallini, M. S., Costa, M. L. D., Cunha, L., dos Anjos, L. H. C., Denevan, W. M., Fausto, C., Caromano, C. F., Fontana, A., Franchetto, B., Glaser, B., Heckenberger, M. J., Hecht, S., Honorato, V., Jarosch, K. A., Junqueira, A. B., Kater, T., Tamanaha, E. K., Kuyper, T. W., Lehmann, J., Madella, M., Maezumi, S. Y., Cascon, L. M., Mayle, F. E., McKey, D., Moraes, B., Morcote-Ríos, G., Palheta Barbosa, C. A., Magalhães, M. P., Prestes-Carneiro, G., Pugliese, F., Pupim, F. N., Racza, M. F., Py-Daniel, A. R., Riris, P., da Rocha, B. C., Rodrigues, L., Rostain, S., Santana Macedo, R., Shock, M. P., Sprafke, T., Stampanoni Bassi, F., Valle, R., Vidal-Torrado, P., Villagrán, X. S., Watling, J., Weber, S. L., & Geraldes Teixeira, W. (2022). Evidence confirms an anthropic origin of Amazonian Dark Earths. *Nature Communications*, 13, 3444. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31064-2>

Longino, J. T. (2007). A taxonomic review of the genus Azteca in Costa Rica and a global revision of the aurita group. *Zootaxa*, 1491, 1-63.

Lopes, G. P., Jaskulski, A., Santos, A. T., Montanarin, A., Rocha, D. G., Grabin, D. M., Ramalho, E., Alvarenga, G., Bizri, H. R. E., Lima, I. J., Cobra, I. V. D., Gomes, L., Araujo, M., Pereira, P. M., Gonçalves, J. R., Cardoso, N., Ilha, R., Carvalho, R., Valsecchi, J. (2019). Mamíferos Terrestres. In A. C. Silva do Nascimento, M. I. Figueiredo Pereira de Oliveira Martins, M. C. Rosinski Lima Gomes, J. Ferreira-Ferreira, I. Soares de Sousa, C. L. Borges Franco, & M. de J. da Silva e Souza (Org.), *Sociobiodiversidade da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã (1998-2018): 20 anos de pesquisas* (pp. 78-94). Tefé: IDSM.

López-Quintero, C. A., Straatsma, G., Franco-Molano, A. E., & Boekhout, T. (2012). Macrofungal diversity in Colombian Amazon forests varies with regions and regimes of disturbance. *Biodiversity and Conservation*, 21, 2221-2243.

LMMC Group. (2014). *Welcome to the Group of Like-Minded Megadiverse Countries*. Retrieved from <https://lmmcgroup.wordpress.com/2014/03/24/welcome-to-the-group-of-like-minded-megadiverse-countries/>

Lucheta, A.R., de Souza Cannavan, F., Roesch, L.F.W., Tsai, S.M., & Kuramae, E.E. (2015). Fungal community assembly in the Amazonian dark earth. *Microbial Ecology*, 1-12.

Lücking, R. (1997). The use of foliicolous lichens as bioindicators in the tropics, with special reference to the microclimate. *Abstracta Botanica*, 99-116.

Lücking, R. (1999a). Foliicolous lichens and their lichenicolous fungi from Ecuador, with a comparison of lowland and montane rain forest. *Willdenowia*, 29(1/2), 299-335.

Lücking, R. (1999b). Ecology of foliicolous lichens at the “Botarama” trail (Costa Rica), a neotropical rain forest. I. Species composition and its ecogeographical implications 1. *Biotropica*, 31(4), 553-564.

Lücking, R., & Bernecker-Lücking, A. (2002). Distance, dynamics, and diversity in tropical rainforests: an experimental approach using foliicolous lichens on artificial leaves. I. Growth performance and succession. *Ecotropica*, 8, 1-13.

Lücking, R., & Matzer, M. (2001). High foliicolous lichen alpha-diversity on individual leaves in Costa Rica and Amazonian Ecuador. *Biodiversity & Conservation*, 10 (12), 2139-2152.

Lücking, R., Hodkinson, B. P., & Leavitt, S. D. (2017). The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota—Approaching one thousand genera. *Bryologist*, 119 (4), 361-416.

Lücking, R., Johnston, M. K., Aptroot, A., Kraichak, E., Lendemer, J. C., Boonpragob, K., Cáceres, M. E., Ertz, D., Ferraro, L. I., Jia, Z. F., et al., (2014). One hundred and seventy-five new species of Graphidaceae: closing the gap or a drop in the bucket? *Phytotaxa*, 189, 7-38.

Lücking, R., Rivas, E., Chaves, J. L., Umaña, L., & Sipman, H. J. M. (2009). How many tropical lichens are there really? *Bibliotheca Lichenologica*, 100, 399-418.

Lundberg, J. G., Sábj Pérez, M. H., Dahdul, W. M., & Aguilera, O. A. (2009). The Amazonian Neogene fish fauna. In: C. Hoorn, & F. P. Wesselingh, (Eds.), *Amazonia: Landscape and Species Evolution* (A look into the past) (pp. 281-301). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. doi:10.1002/9781444306408.ch17

Lynch, J. D. (1979). A new genus for Elosia duidensis Rivero (Amphibia, Leptodactylidae) from southern Venezuela. *American Museum Novitates* 2680: 1-8

Mackay, W. P., & Mackay, E. E. (2010). *The Systematics and Biology of the New World Ants of the Genus Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae). Edwin Mellon Press, Lewiston.

Maggia, M. E., Decäens, T., Lapiède, E., Dupont, L., Roy, V., Schimann, H., Orivel, J., Murienne, J., Baraloto, C., Cottenie, K., & Steinke, D. (2021). At each site its diversity: DNA barcoding reveals remarkable earthworm diversity in neotropical rainforests of French Guiana. *Applied Soil Ecology*, 164, 103932.

Maldonado, C., Paniagua-Zambrana, N., Bussmann, R. W., Zenteno-Ruiz, F. S., y Fuentes, A. F. (2020). La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que causa el coronavirus (COVID-19). *Ecología en Bolivia*, 55(1), 1-5. Retrieved from [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282020000100001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282020000100001&script=sci_arttext)

Malhi, Y., Roberts, J., Betts, R., Killeen, T., Li, W., & Nobre, C. (2008). Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. *Science* (New York, N.Y.), 319, 169-172. doi: 10.1126/science.1146961.

Mantilla, A. (2008). *Distribución de bacterias diazótrofas y su capacidad fijadora de nitrógeno asociadas con tres coberturas vegetales en paisajes de terraza y várzea en suelos del sur del Trapecio amazónico colombiano*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Mares, M. A., & Schmidly, D. J. (Eds.) (1991). *Latin American mammalogy: History, biodiversity, and conservation*. University of Oklahoma Press. Norman. 468 pp.

Marichal, R., Martínez, A. F., Praxedes, C., Ruiz, D., Carvajal, A. F., Oszwald, J., Hurtado, M. P., Brown, G. G., Grimaldi, M., Desjardins, T., Sarrazin, M., Decaëns, T., Velasquez, E., & Lavelle, P. (2010). Invasion of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) in landscapes of the Amazonian deforestation arc. *Applied Soil Ecology*, 46, 443-449.

Marichal, R., Grimaldi, M., Mathieu, J., Brown, G. G., Desjardins, T., Junior, M. L. S., Praxedes, C., Martins, M. B., Velasquez, E., & Lavelle, P. (2012). Is invasion of deforested Amazonia by the earthworm *Pontoscolex corethrurus* driven by soil texture and chemical properties? *Pedobiologia*, 55, 233-240.

Marin, F., Navarrete, H., & Narvaez-Trujillo, A. (2018). Total petroleum hydrocarbon degradation by endophytic fungi from the Ecuadorian Amazon. *Advances in Microbiology*, 8, 1029-1053. doi: 10.4236/aim.2018.812070.

Marsh, C. J., Sica, Y. V., Burgin, C. J., Dorman, W. A., Anderson, R. C., del Toro Mijares, I., Vigneron, J. G., Barve, V., Dombrowik, V. L., Duong, M., Guralnick, R., Hart, J. A., Maypole, J. K., McCall, K., Ranipeta, A., Schuerkemann, A., Torselli, M. A... et al.... & Jetz, W. (2022). Expert range maps of global mammal distributions harmonised to three taxonomic authorities. *Journal of Biogeography*, 49(5), 979-992. <https://doi.org/10.1111/jbi.14330>.

Marshall, B.M., Strine, C.T., Fukushima, C.S., Cardoso, P., Orr, M., & Hughes, A.C. (2022). Searching the web builds fuller picture of arachnid trade. *Communications Biology*, 5, 1-448. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03374-0>

Martins, M., & Molina, F. B. (2008). Panorama geral dos répteis ameaçados do Brasil. In A. B. M. Machado, G. M. Drummond, & A. P. Paglia (Eds.), *Livro vermelho da Fauna Brasileira ameaçada de extinção* (pp. 327-334). MMA, Brasília, Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte.

Martius, C. (1998). Occurrence body mass and biomass of *Syntermes* spp (Isoptera: Termitidae) in Reserva Ducke, Central Amazonia. *Acta Amazonica*, 28(3), 319-324.

Matos, I. T. S. R., Souza, V. A., D'Ângelo, G. R., Astolfi-Filho, S., & Vital, M. J. S. (2021). Yeasts with fermentative potential associated with fruits of Camu-Camu (*Myrciaria Dubia*, Kunth) from North of Brazilian Amazon. *Research Square*. doi: 10.21203/rs.3.rs-159931/v1.

McDonald, R. I., Mansur, A. V., Ascensão, F., Colbert, M., Crossman, K., Elmquist, T., Gonzalez, A., Güneralp, B., Haase, D., Hamann, M., Hillel, O., Huang, K., Kahnt, B., Maddox, D., Pacheco, A., Pereira, H. M., Seto, K. C., Simkin, R., Walsh, B., Werner, A. S., & Ziter, C. (2020). Research gaps in knowledge of the impact of urban growth on biodiversity. *Nature Sustainability*, 3(1), 16-24. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0436-6>

McKey, D. B., & Delêtre, M. (2017). The emergence of cassava as a global crop. En: *Cassava*. Burleigh Dodds Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2016.0014.04>

McKinney, M. L. (2002). Urbanization, biodiversity and conservation. *BioScience* 10:883- 890.

McMichael, C. H., Palace, M. W., Bush, M. B., Braswell, B., Hagen, S., Neves, E. G., Silman, M. R., Tamanaha, E. K., & Czarnecki, C. (2014). Predicting pre-Columbian anthropogenic soils in Amazonia. *Proc. R. Soc. B*, 281, 20132475. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.2475>

Mejía, M. (1987) “*La Amazonía colombiana, introducción a su historia natural*” En Universidad Nacional de Colombia, Fondo FEN, Colombia Amazónica, Bogotá, D. C. Universidad Nacional de Colombia, Fondo FEN

Melles, S. J. (2005). Key. Urban bird diversity as an indicator of human social diversity and economic inequality in Vancouver, British Columbia. *Urban Habitats* 3: 25-48.

Mendes, L. W., & Tsai, S. M. (2018). Distinct taxonomic and functional composition of soil microbiomes along the gradient forest-Restinga-mangrove in Southeastern Brazil. Antonie van Leeuwenhoek, *International Journal of General and Molecular Microbiology*, 111 (1), 101–114.

Mendonça, A. L., Silva, C. E., Mesquita, F. L. T., Campos, R. S., Nascimento, R. R., Ximenes, E. C. P. A., & Sant'Ana, A. E. (2009). *Antimicrobial activities of components of the glandular secretions of leaf-cutting ants of the genus Atta*. Antonie van Leeuwenhoek, 95, 295-303. doi:10.1007/s10482-009-9312-0.

Merloti, L. F., Mendes, L. W., Pedrinho, A., Souza, L. F., Ferrari, B. M., & Tsai, S. M. (2019). Forest-to-agriculture conversion in Amazon drives soil microbial communities and N-cycle. *Soil Biology and Biochemistry*, 137, 107567.

Mill, A. E. (1982). Faunal studies on termites (Isoptera) and observations on their ant predators (Hymenoptera: Formicidae) in the Amazon Basin. *Revista brasiliense de Entomologia*, 26, 253-260.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Colombia. (2017). *Resolución No. 1912 de 15 de septiembre de 2017*.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua – MMAyA (2009). *Libro rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia*. La Paz, Bolivia.

Miqueleiz, I., Bohm, M., Ariño, A. H., & Miranda, R. (2019). Assessment gaps and biases in knowledge of conservation status of fishes. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst*, 1–12. DOI: 10.1002/aqc.3282

Miranda, R., & Miqueleiz, I. (2021). Ecology and conservations of freshwater fishes biodiversity: we need more knowledge to develop conservation strategies. *Water*, 13, 1929. <https://doi.org/10.3390/w13141929>

Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Brooks, T. M., Pilgrim, J. D., Konstant, W. R., da Fonseca, G. A. B., & Kormos, C. (2003). Wilderness and biodiversity conservation. *Proc Natl Acad Sci USA*, 100, 10309–10313

Mittermeier, R.A., Turner, W.R., Larsen, F.W., Brooks, T.M., Gascon, C. (2011). Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots. In: F. Zachos, J. Habel (Eds.) *Biodiversity Hotspots*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-20992-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20992-5_1)

Mohren, G. M. J., & van Kanten, R. F. (2011). Introduction. In M. J. A. Werger (Ed.), *Sustainable management of tropical rainforests: the CELOS Management System* (pp. 3-8). Tropenbos International, Paramaribo, Suriname.

Mok, W. Y., Luizão, R. C. C., & Silva, M. S. B. (1982). Isolation of fungi from bats of the Amazon basin. *Applied and Environmental Microbiology*, 44(3), 570-575.

Monteiro Lopes, A. (2021). *Status de conservação das borboletas frugívoras na Amazônia brasileira. Tese de doutorado. Programa de biodiversidade e Evolução*. Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, Pará, Brasil.

Moura, R. L., Amado-Filho, G. M., Moraes, F. C., Brasileiro, P. S., et al. (2016). An extensive reef system at the Amazon River mouth. *Sci. Adv.*, 2, e1501252.

Moura, M. R., & Jetz, W. (2021). Shortfalls and opportunities in terrestrial vertebrate species discovery. *Nature Ecology & Evolution*, 5(5), 631-639. doi:10.1038/s41559-021-01411-5.

Morales-Martínez, D. M. (2021). Mamíferos (Mammalia) de la Amazonía colombiana. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 45(175), 474-488. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1318>

Moreira, J. C. F. (2018). Microbiomes of the Amazon forest: bacterial diversity and community structure in the phyllosphere, litter and soil. *PhD thesis*. University of São Paulo “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Brazil.

Mueller, G. (1996). Distribution and species composition of Laccaria in tropical and subtropical America. *Revista de Biología Tropical* 44 (Supl. 4): 131-135

Mueller, R. C., Rodrigues, J. L. M., Nüsslein, K., & Bohannan, B. J. M. (2016). Land use change in the Amazon rain forest favours generalist fungi. *Functional Ecology*, 30, 1845–1853.

Mullaney, J., Lucke, T., & Trueman, S. J. (2015). *A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments*. *Landscape and Urban Planning*, 134, 157-166.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.

Naciones Unidas (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Recuperado de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>

Neves, E. G., Petersen, J. B., Bartone, R. N., & Silva, C. A. (2003). Historical and socio-cultural origins of Amazonian Dark Earths. In: J. Lehmann *et al.*, (Eds.), *Amazonian Dark Earths: Origin, properties and management*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 29–50.

Nogueira A, Venticinque E, Brescovit A, Lo-Man-Hung N, Candiani D (2014) List of species of spiders (Arachnida, Araneae) from the Pico da Neblina, state of Amazonas, Brazil. *Check List* 10 (5): 1044-1060. <https://doi.org/10.15560/10.5.1044>

Normann, F., Weigelt, P., Gehrig-Downie, C., Gradstein, S. R., Sipman, H. J., Obregon, A., & Bendix, J. (2010). Diversity and vertical distribution of epiphytic macrolichens in lowland rain forest and lowland cloud forest of French Guiana. *Ecological Indicators*, 10(6), 1111-1118.

Noordam, D. (1993). The geographical outline. In: P. E. Ouboter (Ed.), *The freshwater ecosystems of Suriname* (pp. 13-28). Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.

Nottingham, A. T., Fierer, N., Turner, B. I., Whitaker, J., Ostle, N. J., McNamara, N. P., Bardgett, R. D., Leff, J. W., Salinas, N., Silman, M. R., Kruuk, L. E. B., & Meir, P. (2018). Microbes follow Humboldt: temperature drives plant and soil microbial diversity patterns from the Amazon to the Andes. *Ecology*, 99(11), 2455–2466.

Nuñez, M. A., & Aliaga-Rossel, E. (2017). Jaguar fangs trafficking by Chinese in Bolivia. *CATnews*, 65, 50-51.

Oberdorff, T., Dias, M. S., Jézéquel, C., Albert, J. S., Arantes, C. C., Bigorne, R., Carvajal-Valleros, F. M., Wever, A., Frederico, R. G., Hidalgo, M., Hugueny, B., Leprieur, F., Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J., Martens, K., Ortega, H., Sarmiento, J., Tedesco, P. A., Torrente-Vilara, G., Winemiller, K. O. & Zuanon, J. (2019). Unexpected fish diversity gradients in the Amazon basin. *Science advances*, 5(9), eaav8681.

Oehl, F., Sieverding, E., Palenzuela, J., Ineichen, K., & Alves da Silva, G. (2011). Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. *IMA Fungus*, 2, 191-199.

Olsen, K. M., & Schaal, B. A. (1999). Evidence on the Origin of Cassava: Phylogeography of Manihot esculenta. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96 (10), 5586-5591.

Oliveira, C. N., Barbosa, G. G., Campos, I. M., Guarnieri, M. C., & Ribeiro, S. C. (2017). Predation on Coleodactylus meridionalis (Lacertilia: Sphaerodactylidae) by Ctenus rectipes (Araneae: Ctenidae) in the Atlantic Forest, Pernambuco, Brazil. *Herpetology Notes*, 10, 221– 223.

Ordoñez, M. E. (2018). *Fungi del Ecuador*. Versión 2018.0. Fungario QCAM, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado el 20 de enero de 2020 de: <https://bioweb.bio/fungiweb>

Ortega-Álvarez, R., & MacGregor-Fors, I. (2009). Living in the big city: Effects of urban land-use on bird community structure, diversity, and composition. *Landscape and Urban Planning* 90:189-195.

Ortiz, J. S., Chungara, M., Ibieta, G., Alejo, I., Tejeda, L., Peralta, C., Aliaga-Rossel, E., Mollinedo, P., & Peñarrieta, J. M. (2019). Determinación de teobromina, catequina, capacidad antioxidante total y contenido fenólico total en muestras representativas de cacao amazónico boliviano y su comparación antes y después del proceso de fermentado. *Revista Boliviana de Química*, 36 (1), 40-50. DOI: 10.34098/2078-3949.36.1.4

Organización de Estados Americanos - OEA (1940). *Convención para la protección de la flora, de la fauna, y de las bellezas escénicas naturales de los países de América*. Washington, D.C.: OEA. <https://www.oas.org/juridico/spanish/tratados/c-8.html>

Organização Nacional dos Povos Indígenas do Brasil - OPI (2023). *Terras indígenas*. Recuperado de <https://terrassindigenas.org.br/>

Organización del Tratado de Cooperación Amazónica – OTCA (2021). Programa de diversidad biológica para la Cuenca/Región Amazónica. Brasilia, Brasil. Observatorio Regional Amazónico – ORA. s.f. *Territorios y pueblos indígenas*. Recuperado de <https://oraotca.org/salud-en-las-fronteras/territorios-y-pueblos-indigenas/>

Organización del Tratado de Cooperación Amazónica – OTCA & Centro de Investigación y Formación en Estudios del Niño – CIIFEN (2021). *Atlas of Hydroclimatic Vulnerability of the Amazon Region*. Brasilia, Brasil.

Ott, R., Ruiz, G.R.S., Brescovit, A.D. & Bonaldo, A.B. (2017). Amazonops, a new genus of go-blín spiders (Araneae: Oonopidae) from the Brazilian Amazon. *Zootaxa* 4236(2): 244–268. DOI: 10.11646/zootaxa.4236.2.2.

Pacheco, V. (2002). Mamíferos del Perú. En G. Ceballos y J. A. Simonetti (Eds.), *Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales* (pp. XX-XX). CONABIO-UNAM. México, D.F.

Pacheco, V., Cadenillas, R., Salas, E., Tello, C., & Zeballos, H. (2009). Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Revista peruana de biología*, 16 (1), 005-032.

Page, R.D.M. (2013). BioNames: linking taxonomy, texts, and trees. *PeerJ* 1: e190 <https://doi.org/10.7717/peerj.190>

Paglia, A., Fonseca, G.A.B., Rylands, A., Hermann, G., Aguiar, L.S., Chiarello, A.G., Leite, Y.L.R., Costa, L.P., Siciliano, S., Kierulff, M.C.M., Mendes, S.L., Tavares, V.C., Mittermeier, R., Patton, J.L. (2012). Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil / Annotated Checklist of Brazilian Mammals. *Occasional Papers in Conservation Biology*, No. 6. 2. ed. Arlington, Conservation International.

Palin, O. F., Eggleton, P., Malhi, Y., Girardin, C. A. J., Rozas-Dávila, A., & Parr, C. L. (2011). Termite diversity along an Amazon–Andes elevation gradient, Peru. *Biotropica*, 43 (1), 100-107.

Pardiñas, U. F. J., Teta, P., & Salazar-Bravo, J. (2015). A new tribe of Sigmodontinae rodents (Cricetidae). *Mastozoología Neotropical*, 22, 171–186.

Patton, J.L., Pardiñas, U.F.J., & D'Elía, G. (Eds.). (2015). *Mammals of South America*, volume 2 Rodents. The University of Chicago Press, Chicago.

Peacock, J. et al. (2007). The RAINFOR database: monitoring forest biomass and dynamics. *Journal of Vegetation Science*, v. 18, p. 535–542.

Peay, K.G., Baraloto, C., & Fine, P.V.A. (2013). Strong coupling of plant and fungal community structure across western Amazonian rainforests. *The ISME Journal*, 7, 1852-1861.

Peixoto, J.C.C., Leomil, L., Souza, J.V., Peixoto, F.B.S., & Astolfi-Filho, S. (2011). Comparison of bacterial communities in the Solimões and Negro River tributaries of the Amazon River based on small subunit rRNA gene sequences. *Genetics and Molecular Research*, 10(4), 3783-3793.

Pennington, R. T., Lavin, M., Hughes, C., Sarkinen, T., Lewis, G., & Klitgaard, B. (2010). Differing diversification histories in the Andean biodiversity hotspot. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 107, 13783–13787.

Peña-Venegas, C.P., Cardona, G.I., Mazorra, A., Arguellez, J.H., y Arcos, A.L. (2006). Micorrizas arbusculares de la Amazonia colombiana. *Catálogo Ilustrado*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Colombia, 90.

Peña-Venegas, C.P., Castro, D., & Feijoo, A. (2021). Organismos de suelos amazónicos y su potencial de uso. En C.P. Peña-Venegas (Ed.), *Biología de los suelos amazónicos: vida que sostiene el bosque* (pp. xx-xx). Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.

Peña-Venegas, C.P., Castro, D., & León, D. (2019). Riqueza y abundancia de organismos del suelo en el gradiente altitudinal Andino-Amazónico del camino Andaki, Caquetá (Colombia). *Revista Colombia Amazónica*, 12, 145-165.

Peña-Venegas, C.P., Stomph, T.J., Verschoor, G., López-Lavalle, L.A.B., & Struik, P.C. (2014). Differences in manioc diversity among five ethnic groups of the Colombian Amazon. *Diversity*, 6, 792-826. doi:10.3390/d6040792

Peña-Venegas, C.P., & Vasco-Palacios, A.M. (2019). Endo and Ectomycorrhizas in tropical ecosystems of Colombia. In: M.C. Pagano & M.A. Lugo (Eds.), *Mycorrhizal fungi in South America* (pp. xx-xx). Switzerland: Springer.

Peña-Venegas, C.P., Verschoor, G., Stomph, T.J., & Struik, P.C. (2017). Challenging current knowledge on Amazonian Dark Earths: Indigenous manioc cultivation on different soils of the Colombian Amazon. *Culture, Agriculture, Food and Environment*. doi:10.1111/cuag.12087

Pérez, D., Mora, R., & López-Carrascal, C. (2019). Conservación de la diversidad de yuca en los sistemas tradicionales de cultivo de la Amazonía. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 202-212. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n2.75428>

Pérez, C.C.N., Brañas, M.M., Del Águila, M., Villacorta, & Zárate Gómez, R. (2018). *Tüxe Conocimientos tradicionales vinculados a la yuca Manihot esculenta en el pueblo Ticuna*. Instituto de investigaciones de la Amazonía peruana. Ministerio de ambiente, Perú. ISBN: 978-612-4372-08-7

Perrett, E., Heath, R., Laurie, A., Darragh, L. (2017) *Accelerating precision agriculture to decision agriculture – analysis of the economic benefit and strategies for delivery of digital agriculture in Australia*. Australian Farm Institute and Cotton Research and Development Corporation. Narrabri, NSW.

Pimentel, D., Stachow, U., Takacs, D.A., Brubaker, H.W., Dumas, A.R., Meaney, J.J., O'Neil, J.A.S., Onsi, D.E., & Corzilius, D.B. (1992). Conserving Biological Diversity in Agricultural/Forestry Systems. *BioScience* 42: 354-362.

Pires, E.S., Hardoim, C.C.P., Miranda, K.R., Secco, D.A., Lobo, L.A., de Carvalho, D.P., Han, J., Borchers, C.H., Ferreira, R.B.R., Salles, J.F., Domingues, R.M.C.P., & Antunes, L.C.M. (2019). The gut microbiome and metabolome of two riparian communities in the Amazon. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2003. doi: 10.3389/fmicb.2019.02003

Pires, M.M., & Galetti, M. (2023). Beyond the “empty forest”: The defaunation syndromes of Neotropical forests in the Anthropocene. *Global Ecology and Conservation*, 41, e02362. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02362>

Plata, E.R., & Lücking, R. (2013). High diversity of Graphidaceae (lichenized Ascomycota: Ostropales) in Amazonian Perú. *Fungal Diversity*, 58 (1), 13-32.

Platnick, N. I., Dupérré, N., Berniker, L., & Bonaldo, A. B. (2013). The goblin spider genera *Prodysderina*, *Aschnaoonops*, and *Bidysderina* (Araneae, Oonopidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 373, 1-102.

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), United Nations Environment Programme (2022). Adaptation Gap Report 2022: *Too Little, Too Slow – Climate adaptation failure puts world at risk*. Nairobi. <https://www.unep.org/adaptation-gap-report-2022>

Prance, G. (1984). Phytogeographic support for the theory of Pleistocene forest refuges in the Amazon Basin. *Acta Amazônica*, 3(3), 5–28.

Poff, N.L., & Hart, D.D. (2002). How dams vary and why it matters for the emerging science of dam removal. *BioScience*, 52, 659-668. DOI:10.1641/0006-3568(2002)052[0659:HDVAWI]2.0.CO;2

Puckett, D.O. (2018). A survey of ant-associated fungal diversity in canopy bromeliads from the Ecuadorian Amazon. *Tesis de Maestría*. Texas State University.

Queiroz, M.E.F., Monteiro, J.S., Viana-Junior, A.B., Praxedes, C.L.B., Lavelle, P., & Vasconcelos, S.S. (2021). Litter thickness and soil pH influence the diversity of saprotrophic fungi in primary forest fragments in the Amazon. *Pedobiologia*, 89, 150771.

Quintela, F. M., Da Rosa, C. A., & Feijó, A. (2020). Updated and annotated checklist of recent mammals from Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020191004>

Ranjan, K., Paula, F.S., Mueller, R.C., Jesus, E.C., Cenciani, K., Bohannan, B.J.M., Nüsslein, K., & Rodrigues, J.L.M. (2015). Forest-to-pasture conversion increases the diversity of the phylum Verrucomicrobia in Amazon rainforest soils. *Frontiers in Microbiology*, 6, 779. doi: 10.3389/fmicb.2015.00779

Reis, R.E., Albert, J.S., Di Dario, F., Mincarone, M.M., Petry, P., & Rocha, L.A. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology*, 89, 12-47. doi: 10.1111/jfb.13016

Reis, N.R., Shibatta, O.A., Peracchi, A.L., Pedro, W.A., Lima, I. P. (2006). Sobre os Mamíferos Brasileiros. Pp. 17–25. *Mamíferos do Brasil*. In: N.R. Reis, A.L. Peracchi, W.A. Pedro, I.P. Lima (Eds.) Londrina.

Reyes, H.A., Ferreira, P.F.A., Silva, L.C., Costa, M.G., Nobre, C.P., & Gehring, C. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi along secondary forest succession at the eastern periphery of Amazonia: Seasonal variability and impacts of soil fertility. *Applied Soil Ecology*.

Reynolds, J.W., & Wetzel, M.J. (2007). Nomenclatura Oligochaetologica, supplementum quartum. *Champaign: Illinois Natural History Survey Special Publication*. Recuperado de <https://www.inhs.illinois.edu/people/mjwetzel/nomenoligo>

Ricetti, J. & Bonaldo, A.B., (2008). Diversidade e estimativas de riqueza de aranhas em quatro fitofisionomias na Serra do Cachimbo, Pará, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 98(1): 88-99. <http://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212008000100013>

Ritter, C.D., Dunthorn, M., Anslan, S., Lima, V.X., Tedersoo, L., Nilsson, R.H., & Antonelli, A. (2020). Advancing biodiversity assessments with environmental DNA: Long-read technologies help reveal the drivers of Amazonian fungal diversity. *Ecology and Evolution*, 10, 7509–7524.

Rival, L., & McKey, D. (2008). Domestication and diversity in manioc (*Manihot esculenta* Crantz ssp. *esculenta*, Euphorbiaceae). *Current Anthropology*, 49(6), 1119-1128.

Rodrigues, J.L.M., Pellizari, V.H., Mueller, R., Baek, K., Jesus, E.C., Paula, F.S., Mirza, B., Hamaou, J.S., Tsai, S.M., Feigl, B., Tiedje, J.M., Bohannan, B.J.M., & Nüsslein, K. (2013). *Conversion of the Amazon rainforest to agriculture results in biotic homogenization of soil bacterial communities*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(3), 988–993.

Rodríguez, J.P., García-Rawlins, A., & Rojas-Suárez, F. (Eds.). (2015). *Libro Rojo de la Fauna Venezolana*. Provita y Fundación Empresas Polar. Caracas, Venezuela.

Rodríguez-Contreras, A., Señaris, J. C., Lampo, M., & Rivero, R. (2008). Rediscovery of *Atelopus cruciger* (Anura: Bufonidae) with notes on its current status in the Cordillera de la Costa, Venezuela. *Oryx*, 42, 301-304.

Rodríguez-León, C.H., Peña-Venegas, C.P., Sterling, A., Castro, D., Mahecha-Virguez, L.K., Virguez-Díaz, Y.R., & Silva-Olaya, A.M. (2021). Soil quality restoration during natural succession of abandoned cattle pastures in deforested landscapes in the Colombian Amazon. *Agronomy*, 11(12), 2484. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122484>

Rodríguez-León, C.H., Peña-Venegas, C.P., Sterling, A., Muñoz-Ramirez, H., & Virguez-Díaz, Y.R. (2021). Changes in soil-borne communities of arbuscular mycorrhizal fungi during natural regrowth of abandoned cattle pastures are indicative of ecosystem restoration. *Agronomy*, 11, 2468. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122468>

Rodríguez-Mahecha, J. V. (2006). *Libro Rojo De Los Mamíferos De Colombia*. Bogota, Colombia: Conservación Internacional.

Rupprecht, C., & Byrne, J. (2014). Informal urban greenspace: A typology and trilingual systematic review of its role for urban residents and trends in the literature. *Urban Forestry & Urban Greening*, 13(4), 597-611. doi:10.1016/j.ufug.2014.09.002.

Salazar-Bravo, J., & Yates, T. L. (2007). A new species of Thomasomys (Cricetidae: Sigmodontinae) from central Bolivia. In D. A. Kelt, E. P. Lessa, J. Salazar-Bravo, & J. L. Patton (Eds.), *The quintessential naturalist: Honoring the life and legacy of Oliver P. Pearson* (pp. 747–774). Univ. California Publ. Zool., 134, v-xii + 1–981.

Salick, J., Cellinese, N., & Knapp, S. (1997). Indigenous diversity of cassava: Generation, maintenance, use and loss among the Amuesha, Peruvian upper amazon. *Economic Botany*, 51, 6-19.

Salomão, R. De P. et al., (2007) As florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazônia Oriental. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi , *Ciências Naturais*, v. 2, n. 3, p. 57–153.

Salomão, R. De P. (2014). A castanheira: história natural e importância socioeconômica. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi , *Ciências Naturais*, v. 9, n. 2, p. 259–266.

Sánchez, H.J., y Lew, D. (2012). *Lista actualizada y comentada de los mamíferos de Venezuela*. Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales. 173-174: 173-237.

Sanjuan, T., Tabima, J., Restrepo, S., Læssøe, T., Spatafora, J. W., & Franco-Molano, A. E. (2014). Entomopathogens of Amazonian stick insects and locusts are members of the Beauveria species complex (*Cordyceps* sensu stricto). *Mycologia*, 106(2), 260-275.

Sanjuan, T.I., Franco-Molano, A.E., Kepler, R.M., Spatafora, J.W., Tabima, J., Vasco-Palacios, A.M., & Restrepo, S. (2015). Five new species of entomopathogenic fungi from the Amazon and evolution of neotropical Ophiocordyceps. *Fungal Biology*, 119(10), 901-916. doi: 10.1016/j.funbio.2015.06.010

Santana, M.A. (2017). As ameaças sobre a Amazônia verde e Amazônia azul: uma relação possível? *R. Esc. Guerra Naval*, Rio de Janeiro, 23(1), 239-274.

Santos, V.M., da Silva Cáceres, M.E., & Lücking, R. (2020). Diversity of foliicolous lichens in isolated montane rainforests (Brejos) of northeastern Brazil and their biogeography in a neotropical context. *Ecological Research*, 35(1), 182-197.

Santos, T.C.M., Lopes, G.P., Rabelo, R.M., & Giannini, T.C. (2020). Bats in Three Protected Areas of The Central Amazon Ecological Corridor in Brazil. *Acta Chiropterologica*, 21(2), 425-442.

Sanuma, O. I., Tokimoto, K., Sanuma, C., Autuori, J., Sanuma, L. R., Martins, M. S., ... & Apiamö, R. M. (2016). Sanöma samakönö sama tökö nii pewö oa wi ï tökö waheta: Ana amopö= Enciclopédia dos alimentos Yanomami (Sanöma): *Cogumelos*. São Paulo: Instituto Socioambiental. 108p.

Sapsford, S. J., Paap, T., Hardy, G. E. S. J., & Burgess, T. I. (2017). The ‘chicken or the egg’: which comes first, forest tree decline or loss of mycorrhizae? *Plant Ecology*, 218, 1093-1106.

Saturnino, R., Pantoja, P. R., Albernaz, A. L., Aguiar Neto, M. B., & Bonaldo, A. B. (2017). Efeitos da fragmentação florestal sobre aranhas em paisagens influenciadas pelas linhas de distribuição de energia do Marajó, Amazônia Oriental. In R. Saturnino & A. L. Albernaz (Eds.) *Efeitos da implantação de linhas de distribuição de energia sobre a paisagem e a fauna do Marajó* (Vol. 1, pp. 33-51). Museu Paraense Emílio Goeldi.

Scheele, B. C., Pasmans, F., Skerratt, L. F., Berger, L., Martel, A., Beukema, W., Acevedo, A. A., Burrowes, P. A., Carvalho, T., Catenazzi, A., la Riva, I. D., Fisher, M. C., Flechas, S. V., Foster, C. N., Frías-Álvarez, P., Garner, T. W. J., Gratwicke, B., Guayasamin, J. M., Hirschfeld, M., Kolby, J. E., Kosch, T. A., Marca, E. L., Lindenmayer, D. B., Lips, K. R., Longo, A. V., Maneyro, R., McDonald, C. A., Mendelson, J., Palacios-Rodriguez, P., Parra-Olea, G., Richards-Zawacki, C. L., Rödel, M.O., Rovito, S. M., Soto-Azat, C., Toledo, L. F., Voyles, J., Weldon, C., Whitfield, S. M., Wilkinson, M., Zamudio, K. R., & Canessa, S. (2019). Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity. *Science*, 363, 1459-1463.

Semedo, T.B.F., Ferreira da Silva, M.N., Gutiérrez, E.E., Ferreira, D.C., da Silva Nunes, M., Mendes-Oliveira, A.C., Pires Farias, I., Rossi, R.V. (2021). Systematics of Neotropical Spiny Mice, Genus *Neacomys* Thomas, 1900 (Rodentia: Cricetidae), from Southeastern Amazonia, with Descriptions of Three New Species. *American Museum Novitates*, 2020(3993), 1-43.

Siles, L., Brooks, D. M., Aranibar, H., Tarifa, T., Vargas-M., R. J., Rojas, J. M., & Baker, R. J. (2013). A new species of *Micronycteris* (Chiroptera: Phyllostomidae) from Bolivia. *Journal of Mammalogy*, 94(4), 881-896

Silva, D. (1996). Species composition and community structure of Peruvian rainforest spiders: A case study from a seasonally inundated forest along the Samiria river. *Revue Suisse de Zoologie*, 597-610.

Silva, M.N.F., Rylands, A.B., Patton, J.L. (2001). Biogeografia e conservação da mastofauna na floresta amazônica brasileira. Pp. 110–131. *Biodiversidade na Amazônia Brasileira: Avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios*. In: J.P.R. Capobianco, A. Veríssimo, A. Moreira, D. Sawyer, I. Santos, L.P. Pinto, (Eds). Instituto Socioambiental. São Paulo.

Silva Junior, C. H., Pessôa, A. C., Carvalho, N. S., Reis, J. B., Anderson, L. O., & Aragão, L. E. (2021). The Brazilian Amazon deforestation rate in 2020 is the greatest of the decade. *Nature Ecology & Evolution*, 5(2), 144-145.

Silva-Júnior, C. J., & Bonaldo, A. B. (2019). Four new species of *Myrmecium* Latreille, 1824 and complementary description of *M. machetero* Candiani & Bonaldo, 2017 (Araneae: Corinnidae: Castianeirinae), pp. 391-400 in Zootaxa 4706 (2) on pages 394-396. Zootaxa, 4706(2), 394-396. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4706.2.12>.

Silva-Júnior, C.J. & Saturnino, R. (2017) Diversidade de aranhas em ecossistemas de manguezal e de floresta de terra firme na Reserva Extrativista Marinha de Soure, ilha de Marajó, Pará, Brasil. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. *Ciências Naturais*, 11, 205–221.

Silva, W.B., Cajaiba, R.L., & Périco, P. (2021). Ant diversity sampling in the Brazilian Amazon: a comparison of litter collection and pitfall trapping. *Revista de Biología Tropical*, 69(3), 865-872. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i3.46872>

Silvestre, R., & Sauda-Neto, P. (2020). Formigas como recurso alimentar e medicinal. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais, 15(1), 39-53. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i1.238>

Simmons, C., Henkel, T.W., Bas, C. (2002). The genus *Amanita* in the Pakaraima mountains of Guyana. *Persoonia*, 17, 563-582.

Simmons, N.B., & Voss, R.S. (1998). The mammals of Paracou, French Guiana: A neotropical Lowland Rainforest Fauna. Part 1. Bats. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 237, 1-219.

Singer, R., Araujo, I. (1979). Litter decomposition and ectomycorrhizas in Amazonian forests 1. Composition of litter decomposing and ectomycorrhizal basidiomycetes in latosol-terra-firme rainforest and in white podzol campinarana. *Acta Amazonica*, 9, 25-41.

Singer, R., Araujo, I. (1986). Litter decomposing and ectomycorrhizas Basidiomycetes in an Igapo Forest. *Plant Syst. Evol.*, 153, 107-117.

Singer, R., Araujo, I., Ivory, M.H. (1983). The ectotrophically mycorrhizal fungi of the neotropical lowlands, especially Central Amazonia. *Nova Hedwigia Beihefte*, 77, 1-352.

Singer, R., & Morello, J. H. (1960). Ectotrophic forest tree mycorrhizae and forest communities. *Ecology*, 41(3), 549-551.

Siqueira, E.L.S., & Silva, R. (2021). Taxonomic and morphological diversity of the ground-dwelling ant fauna in Eastern Amazonian grasslands. *Acta Oecologica*, 110. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2020.103693>

Smith, S.E., & Read, D.J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*, Ed 3. Academic Press, New York.

Smith, M.E., Henkel, T.W., Aime, M.C., Fremier, A.K., & Vilgalys, R. (2011). Ectomycorrhizal fungal diversity and community structure on three co-occurring leguminous canopy tree species in a Neotropical rainforest. *New Phytol*, 192, 699-712. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03844.x>

Smith, M.E., Henkel, T.W., Uehling, J.K., Fremier, A.K., Clarke, H.D., & Vilgalys, R. (2013). The ectomycorrhizal fungal community in a Neotropical forest dominated by the endemic dipterocarp Pakaraima dipterocarpacea. *PLoS One*, 8, e55160. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055160>

Sodhi N.S., & Ehrlich, N.R. (2010). *Conservation Biology for all*. Oxford University Press

Solar, R.R.C., Barlow, J., Andersen, A.N., Schoereder, J.H., Berenguer, E., Ferreira, J.N., & Gardner, T.A. (2016). Biodiversity consequences of land-use change and forest disturbance in the Amazon: A multi-scale assessment using ant communities. *Biological Conservation*, 197, 98–107.

Solari, S., Velazco, P.M., & Patterson, B.D. (2012). Hierarchical Organization of Neotropical Mammal Diversity and Its Historical Basis. In: *Bones, Clones, and Biomes*. University of Chicago Press.

Sousa, S.C., de Sousa, A.M., Hernández-García, L.M., Gualter, R.M.R., & Rousseau, G.X. (2020a). A new earthworm species of the genus Rhinodrilus (Rhinodrilidae, Clitellata) and new records of earthworm species from the Amazon-Cerrado-Caatinga transition in the State of Maranhão, Brazil. *Zootaxa*, 4810(1), 4810.1.11.

Sousa, S.C., Hernández-García, L.M., & Rousseau, G.X. (2020b). A new species of *Pontoscolex* earthworm (Rhinodrilidae, Clitellata) from the Gurupi Biological Reserve, along with records of earthworm species from the Amazon region of Maranhão, Brazil. *Zootaxa*, 4801(1), zootaxa.4801.1.4.

Souza, Y., Villar, N., Zipparro, V., Nazareth, S., & Galetti, M. (2022). Large mammalian herbivores modulate plant growth form diversity in a tropical rainforest. *Journal of Ecology*, 110, 845-859. doi: 10.1111/1365-2745.13846

Souza, F.F.C., Mathai, P.P., Pauliquevis, T., Balsanelli, E., Pedrosa, F.O., Souza, E.M., Baura, V.A., Monteiro, R.A., Cruz, L.M., Souza, R.A.F., Andrae, M.O., Barbosa, C.G.G., Angelis, I.H., Sánchez-Parraga, B., Pöhlker, C., Weber, B., Ruff, E., Reis, R.A., Godoi, R.H.M., Sadowsky, M.J., & Huergo, L.F. (2021). Influence of seasonality on the aerosol microbiome of the Amazon rainforest. *Science of the Total Environment*, 760, 144092. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.144092

Souza, M. B., Aquino, T. V., Lima, E. C., & Mendes, M. K. (2002). Anfíbios. In: M. Carneiro da Cunha, & M. B. Almeida (Eds.) *Enciclopédia da Floresta: O Alto Juruá: Práticas e Conhecimento das Populações* (Vol. Um, pp. 601-614). São Paulo: Companhia das Letras.

Stein, B.A., Kutner, L.S., & Adams, J.S., (2000) *Precious heritage: The status of biodiversity in the United States*. Oxford University Press, New York.

Stroud, J.T., (2015). Categoría. Animales; Anfibios; Reptiles. Ubicación. América Tropical; Colombia. Department of Biological Sciences, Florida International University, Miami

Stürmer, S.L., & Siqueira, J.O. (2011). Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in Western Brazilian Amazon. *Mycorrhiza*, 21, 255-267.

Tabarelli, M., Marins, J.F., & Silva, J.M.C. (2002). La biodiversidad brasileña amenazada. *Investigación y Ciencia*, 308, 42-49.

Tedersoo, L., Sadam, A., Zambrano, M., Valencia, R., & Bahram, M. (2010). Low diversity and high host preference of ectomycorrhizal fungi in Western Amazonia, a neotropical biodiversity hotspot. *The ISME Journal*, 4(4), 465-471.

Tedersoo, L., Bahram, M., Põlme, S., Kõljalg, U., Yorou, N.S., Wijesundera, R., Ruiz, R.V., Vasco-Palacios, A.M., Thu, P.Q., Suija, A., Smith, M.E., Sharp, C., Saluveer, E., Saitta, A., Rosas, M., Riit, T., Ratkowsky, D., Pritsch, K., Põldmaa, K., Piepenbring, M., Phosri, C., Peterson, M., Parts, K., Pärtel, K., Otsing, E., Nouhra, E., Njouonkou, A.L., Nilsson, R.H., Morgado, L.N., Mayor, J., May, T.W., Majuakim, L., Lodge, D.J., Lee, S.S., Larsson, K.H., Kohout, P., Hosaka, K., Hiiesalu, I., Henkel, T.W., Harend, H., Guo, L., Greslebin, A., Grelet, G., Geml, J., Gates, G., Dunstan, W., Dunk, C., Drenkhan, R., Dearnaley, J., De Kesel, A., Dang, T., Chen, X., Buegger, F., Brearley, F.Q., Bonito, G., Anslan, S., Abell, S., & Abarenkov, K. (2014). Global diversity and geography of soil fungi. *Science*, 346, 1256688.

Ter Steege, H., Cornelissen, J. H. C., & Vriesendorp, J. J. (2019). Amazon tree diversity network (ATDN): A database of Amazonian tree species distribution, ecological and conservation data. <https://atdn.myspecies.info/>

Ter Steege, H., Pitman, N.C., Killeen, T.J., Laurance, W.F., Peres, C.A., Guevara, J.E., et al., & Huamantupa-Chuquimaco, I. (2015). Estimating the global conservation status of more than 15,000 Amazonian tree species. *Science Advances*, 1(10), e1500936. doi: 10.1126/sciadv.1500936

Ter Steege, H. et al., (2013) Hyperdominance in the Amazonian tree flora. *Science*, v. 342, n. 6156, p. 1243092.

Ter Steege, H. et al., (2016) The discovery of the Amazonian tree flora with an updated checklist of all known tree taxa. *Scientific Reports*, v. 6, n. 1, p. 1–15.

Ter Steege, H. et al., (2019). Towards a dynamic list of Amazonian tree species. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 3501.

Ter Steege, H. et al., (2020) Biased-corrected richness estimates for the Amazonian tree flora. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 1–13.

Teunissen, P.A. (1988). Vegetation Map, scale 1: 1,000,000 with explanation. In: *Suriname Planatlas*. Ed. National Planning Office of Suriname, Paramaribo/Organization of American States, Washington DC. 2pp.

Thomas, E. et al., (2015) Uncovering spatial patterns in the natural and human history of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) across the Amazon Basin. *Journal of Biogeography*, n. November, p. n/a-n/a.

Tirira, D. G. (2007). Guía de campo de los mamíferos del Ecuador. Ediciones Murciélagos Blanco. *Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador* 7. Quito

Torrico, J. C., Peralta-Rivero, C., Aragón-Oraquine, O. (2020). Contribución de sistemas de producción a la mitigación y adaptación al cambio climático en seis regiones de Bolivia. Beneficios socio ambientales alcanzados mediante la Propuesta Económica Productiva del CIPCA, análisis de criterios del Fondo Verde para el Clima. *Cuaderno de Investigación 88*. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. La Paz. 214 p.

Torrico, J. C., Peralta-Rivero, C., Cartagena, P., y Pelletier, E. (2017). Capacidad de resiliencia de sistemas agroforestales, ganadería semi-intensiva y agricultura bajo riego. Beneficios alcanzados por la PEP del CIPCA. *Cuaderno de investigación 84*. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. 140 p.

Trierveiler-Pereira, L., & Baseia, I. G. (2009). A checklist of the Brazilian gasteroid fungi (Basidiomycota). *Mycotaxon*, 108(1), 441-444.

Trujillo, F., Diazgranados, M.C., Utreras, V., Aliaga- Rossel, E. y Rodríguez-Maldonado M.V. (2011). *Defines de río en Suramérica*. Fundación Omacha, Serie de Especies Amenazadas, No. 2. Bogotá, 64 p.

Tudor, A. E., Starr, C. K., Mohammed, K. (2016). Trophic Ecology of the Ant Pachycondyla crassicornis (Formicidae: Ponerinae) in a Lowland Neotropical Forest. *Sociobiology*, 63(2), 744–747. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i2.848>

Uehling, J.K., Henkel, T.W., Aime, M.C., Vilgalys, R., Smith, M.E. (2012). New species of Clavulinaceae (Cantharellales, Basidiomycota) with resupinate and effused basidiomata from the Guiana Shield. *Mycologia*. 104, 547–556. doi: 10.3852/11-130

Uetz, P., Freed, P., Aguilar, R., Reyes, F., & Hošek, J. (Eds.) (2022). *The Reptile Database*. <<http://www.reptile-database.org>>.

Ulloa Ulloa, C., Acevedo-Rodríguez, P., Beck, S., Belgrano, M. J., Bernal, R., Berry, P. E., ... & Jørgensen, P. M. (2017). An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science*, 358(6370), 1614-1617.

Unterstein, W. (1930) Beschreibung zweier neuer Molche der Gattung Oedipus. *Zoologischer Anzeiger*, 8, 270–272.

Valsecchi, J., Marmonel, M., Franco, C. L. B., Cavalcante, D. P., Cobra, I. V. D., Lima, I. J., Lanna, J. M., Ferreira, M. T. M., Nassar, P. M., Botero-Arias, R., Monteiro, V. (2017). Atualização e composição da lista – Novas Espécies de Vertebrados e Plantas na Amazônia 2014-2015. *Iniciativa Amazônia Viva da Rede WWF*, WWF-Brasil. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. 112pp.

van Damme, P., Carvajal-Vallejos, F. M., Rua, A., Cordova, L. y P. Becerra. (2011). Pesca comercial en la cuenca Amazónica boliviana. Pp. 247-291. Capítulo 11. En: P. Van Danmme, F. M. Carvajal, J. Molina-Carpio, (Eds). *Peces y delfines de la amazonia boliviana*. Cochabamba, Bolivia.

van den Boom, P.P. & Sipman, H.J. (2016). Folicolous lichens from Suriname and Guyana: new records and three new species. *Folia Cryptogamica Estonica*. 53: 101-110.

van den Boom, P.P.G., Sipman, H.J.M., Divakar, P.K., Ertz, D. (2018). New or interesting records of lichens and lichenicolous fungi from Suriname, with descriptions of eight new species. *Ascomycete.org*, 10 (6): 244–258.

Vargas-Isla, R., Ishikawa, N.K., Py-Daniel, V. (2013). Contribuições etnomicológicas dos povos indígenas da Amazônia. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*. 3(1): 58-65.

Vasco-Palacios, A.M. (2006). *Acervo etnomicológico en la región del Medio Caquetá. Concepción y uso de los hongos por los indígenas Muinane, Andoke y Uitoto*. (Tesis de Maestría). Instituto de Biología, Universidad de Antioquia.

Vasco-Palacios, A.M. (2007). *Acervo etnomicológico en la región del Medio Caquetá, concepción y usos de los hongos por los indígenas Muinane, Andoke y Uitoto*. Maestría en Biología.

Vasco-Palacios, A.M., López-Quintero, C.A., Franco-Molano, A.E., Boekhout, T. (2014). Austroboletus amazonicus sp. nov. and Fistulinella campinaranae var. scrobiculata, two commonly occurring boletes from a forest dominated by Pseudomonotes tropenbosii (Dipterocarpaceae), in Colombian Amazonia. *Mycologia*. 106: 1004–1014. doi:10.3852/13-324

Vasco-Palacios, A. M., Hernandez, J., Peñuela-Mora, M. C., Franco-Molano, A. E., & Boekhout, T. (2018). Ectomycorrhizal fungi diversity in a white sand forest in western Amazonia. *Fungal Ecology*, 31, 9-18.

Vasco-Palacios, A. M., Bahram, M., Boekhout, T., & Tedersoo, L. (2020). Carbon content and pH as important drivers of fungal community structure in three Amazon forests. *Plant and Soil*, 450, 111-131.

Vasco Palacios, A. M., & Boekhout, T. (2022). *Pseudomonotes tropenbosii*, an endemic dipterocarp tree from a neotropical terra-firme forest in Colombian Amazonia that hosts ectomycorrhizal fungi. In *Mycorrhizal Fungi in South America: Biodiversity, Conservation, and Sustainable Food Production* (pp. 47-78). Cham: Springer International Publishing.

Vasco-Palacios, A.M., Calle, A., Drechsler-Santos, E.R., Kossmann, T., da Cunha, K.M. & TEHO Group. (2020). *Austroboletus amazonicus* (amended version of 2020 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species 2020*: e.T75098759A179542191. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T75098759A179542191.en>. Accessed on 13 July 2022.

Vasco-Palacios, A. M., Franco-Molano, A. E., López-Quintero, C. A., y Boekhout, T. (2005). Macromycetes (Ascomycota, Basidiomycota) de la región del medio Caquetá, departamentos de Caquetá y Amazonas (Colombia). *Biota Colombiana*, 6(1), 127-140.

Vasco-Palacios, A. M., Suaza, S. C., Castaño-Betancur, M., y Franco-Molano, A. E. (2008). Conocimiento etnoecológico de los hongos entre los indígenas Uitoto, Muinane y Andoke de la Amazonía Colombiana. *Acta amazónica*, 38, 17-30.

Vasconcelos, H.L. (1999). Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central Amazonia. *Biodiversity and Conservation*. 8: 409-420.

Vasconcelos, H.L. (2008). Formigas do solo nas florestas da Amazonia: Padrões de diversidade e respostas aos扰动s naturais e antrópicos. En: *Diversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. F.M.S. Moreira, J.O. Siqueira, L. Brussaard (Eds.) UFLA – Labras, Brasil. p. 323-343.

Vasconcelos, H.L., Vilhena, J.M.S. (2006). Species turnover and vertical partitioning of ant assemblages in the Brazilian Amazon: A comparison of forests and savannas. *Biotropica*. 38(1): 100-106. doi: 10.1111/j.1744-7429.2006.00113.x.

Vasconcelos, H.L., Vilhena, J.M.S., Facure, K.G., Albernaz, A.L.K.M. (2010). Patterns of ant species diversity and turnover across 2000 km of Amazonian floodplain forest. *Journal of Biogeography*. 37(3): 432-440. doi:10.1111/j.1365-2699.2009.02230.x

Vaz, A.B.M., Fonseca, P.L.C., Badotti, F., Skaltsas, D., Tomé, L.M.R., Silva, A.C., Cunha, M.C., Soares, M.A., Santos, V.L., Oliveira, G., Chaverri, P., Góes-Neto, A. (2018). A multiscale study of fungal endophyte communities of the foliar endosphere of native rubber trees in Eastern Amazon. *Scientific Reports* 8: 16151. doi:10.1038/s41598-018-34619-w

Venticinque, E., Forsberg, B., Barthem, R., Goulding, M. (2021). Pan-Amazon Basins: A spatial Framework for the Conservation of Aquatic Ecosystems in the Amazon-Orinoco-Guianas Region. *Knowledge Network for Biocomplexity*. doi:10.5063/BG2MDZ.

Vidal, M.D. (2010). Manejo participativo da pesca na Amazônia: a experiência do ProVárzea. *Ciência e Natura*, UFSM. 32 (2): 97-120.

Vidal, M.D. (2008). Impactos e lições dos projetos apoiados pelo Componente Iniciativas Promissoras. In: Vidal, M.D. (Org.) *Experiências de manejo dos recursos naturais na várzea amazônica*. Manaus: Ibama/ProVárzea.

Vidal, M.D. & Thomé-Souza, M.T. (2008). *Iniciativas Promissoras: um caminho para a sustentabilidade na várzea Amazônica*. Manaus: Ibama/ProVárzea.

Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2009). *Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles* (3rd ed.). San Diego: Academic Press.

Vitule, J.R.S., da Costa, A.P.L., Frehse, F.A., Bezerra, L.A.V., Occhi, T.V.T., Daga, V.S., Padial, A.A. (2016). Comments on “*Fish biodiversity and conservation in South America*” by Reis et al (2016). *Journal of Fish Biology*. doi:10.1111/jfb.13239.

Vliet, N., Antunes, A. P., Constantino, P. A. de A., Gómez, J., Santos-Fita, D., & Sartoretto, E. (2019). Frameworks Regulating Hunting for Meat in Tropical Countries Leave the Sector in the Limbo. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00280>

Vos, V. A., Vaca, O., y Cruz, A. (2015). Sistemas agroforestales en la Amazonia boliviana. Una valoración de sus múltiples funciones. *Cuaderno de Investigación* 82. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. La Paz. 198 p.

Wallace, R.B., Gómez, H., Porcel, Z. R. y Rumiz, D. I. (Eds.) (2010). *Distribución, Ecología y Conservación de los Mamíferos Medianos y Grandes de Bolivia*. Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Wallace, R. B., Martinez, J., López-Strauss, H., Barreta, J., Reinaga, A. & López, L. (2013). Conservation challenges facing two threatened endemic titi monkeys in a naturally fragmented Bolivian forest. In: *Primates in Fragments: Complexity and Resilience*, L. K. Marsh & C. A. Chapman (Eds.), pp.493–501. Springer, New York

Wilkie, K.T.R., Mertl, A.L., & Traniello, J.F.A. (2007). Biodiversity below ground: probing the subterranean ant fauna of Amazonia. *Naturwissenschaften* 94: 725-731.

Wilson, E. O. (1987). *The Little Things That Run the World*. *Conservation Biology* 1(4): 344-346.

Wilson, W.M., & Dufour, D.L. (2002). Why “Bitter” Cassava? Productivity of “Bitter” and “Sweet” Cassava in a Tukanoan Indian Settlement in the Northwest Amazon. *Economic Botany*. 56(1): 49-57.

Wittmann, F., & Junk, W. J. (2016). Amazon River Basin. In: C. Finlayson, M. Everard, K. Irvine, R. McInnes (Eds.), *The Wetland Book* (pp. 1–20). doi:10.1007/978-94-007-6173-5.

Womack, A.M., Artaxo, P.E., Ishida, F.Y., Mueller, R.C., Saleska, S.R., Wiedemann, K.T., Bohannan, B.J.M., & Green, J.L. (2015). Characterization of active and total fungal communities in the atmosphere over the Amazon rainforest. *Biogeosciences*. 12: 6337-6349.

Xavier, C. & Bonaldo, A. B. (2021). Taxonomic revision of the genus *Tupirinna* Bonaldo, 2000 (Araneae: Corinnidae: Corinninae). *Zootaxa* 5004(2): 201-250. doi:10.11646/zootaxa.5004.2.1

Yamada, A., Inoue, T., Wiwatwitaya, D., Ohkuma, M., Kudo, T., Abe, T., & Sugimoto, A. (2005). Carbon mineralization by termites in tropical forests, with emphasis on fungus combs. *Ecological Research*. 20: 453-460. doi: 10.1007/s11284-005-0062-9

Yilmaz, N., López-Quintero, C.A., Vasco-Palacios, A.M., Frisvad, J.C., Theelen, B., Boekhout, T., Samson, R.A., & Houbraken, J. (2016). Four novel *Talaromyces* species isolated from leaf litter from Colombian Amazon rain forests. *Mycological Progress*, 15(10), 1041-1056.

Zent, E. L. (2008). Mushrooms for Life among the Jotí in the Venezuelan Guayana. *Economic Botany*, 62(3), 471–481.

Zent, E. L., Zent, S., & Iturriaga, T. (2004). Knowledge and use of fungi by a mycophilic society of the Venezuelan Amazon. *Economic Botany*, 58, 214–226. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)058](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)058)

## Sitios web

Alianza por la Amazonía (2023, 28 de febrero). Sitio web. Recuperado de <https://aliancaamazonia.org.br/>

Amazonía2030 (2022). AMZ-29: *Hacia una visión compartida para el futuro sostenible de la Amazonía*. Recuperado de <https://Amazonía2030.org.br/wp-content/uploads/2022/02/AMZ-29.pdf>

AmphibiaWeb (2023) <https://amphibiaweb.org/>

Banco de Occidente (2008). *La Amazonia de Colombia. Libros de colección ecológica*. Recuperado de <https://www.imeditores.com/banocc/amazonia/cap2.htm>.

Convenio sobre la Diversidad Biológica - CDB (2004). *Decisión VII/28 Programa de Trabajo de Áreas Protegidas*. <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=7765>

Costa, R. S. B. (s.f.). *Estrutura da interação dos Drosophilidae micófagos na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, Brasil*. Recuperado de <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/40949/R%20-%20D%20-%20ROSANGELA%20SANTA%20BRIGIDA%20COSTA.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

*Global Biodiversity Conservation: The Critical Role of Hotspots*. (s.f.). Recuperado el 15 de mayo de 2022, de [https://www.researchgate.net/publication/225989074\\_Global\\_Biodiversity\\_Conervation\\_The\\_Critical\\_Role\\_of\\_Hotspots](https://www.researchgate.net/publication/225989074_Global_Biodiversity_Conervation_The_Critical_Role_of_Hotspots)

*Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) (2023). Sitio web. Recuperado de <https://www.gbif.org/>

INAU (s.f.). *Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras*. Recuperado el 20 de marzo de 2022, de [http://www.inau.org.br/classificacao\\_areas\\_umidas\\_completo.pdf](http://www.inau.org.br/classificacao_areas_umidas_completo.pdf)

Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - Imazon (2023). *Imazon*. Recuperado de <https://imazon.org.br/>

Instituto Humboldt (2017). *Biodiversidad colombiana: números para tener en cuenta*. Recuperado de <http://www.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/1087-biodiversidad-colombiana-numero-tener-en-cuenta>

Mamirauá Institute for Sustainable Development (s.f.). Recuperado de <https://www.mamiraua.org.br/>

Naciones Unidas (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>

Instituto Socioambiental (ISA) (2023). *Página principal*. Recuperado de <https://www.socioambiental.org/>

Organización de Estados Americanos – OEA (1940). *Tratados internacionales: Convención para la protección de la flora, de la fauna, y de las bellezas escénicas naturales de los países de América*. <https://www.oas.org/juridico/spanish/tratados/c-8.html>

Tropical Fungi Database (n.d.). Sitio web. Recuperado de <https://www.tropicalfungi.org/>

“Yanomamö Mushrooms.” Culinary Culture Connections, (2023) <https://culinarycultureconnections.com/blogs/producers/yanomami-mushrooms>.

UNEP, CBD (2003). *Áreas protegidas: resultados del Quinto Congreso Mundial de Parques*. El Acuerdo de Durban. <https://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-09/information/sbstta-09-inf-21-es.pdf>

UNEP, CBD (2018). *Áreas protegidas y otras medidas eficaces de conservación basadas en áreas*. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-14/cop-14-dec-08-es.pdf>

## Anexo - Anexo 1 Áreas protegidas amazónicas

País	Normatividad e institucionalidad para las áreas protegidas	Año establecimiento	Autoridades ambientales competentes de áreas protegidas	Categorías de áreas protegidas	Porcentaje total país	Áreas protegidas de la Amazonía administración nacional	Áreas protegidas de la Amazonía regionales, federales y/o departamentales	Áreas protegidas de la Amazonía locales	“Reportes RAISG (2021) ANP deduciendo áreas sobreuestas con territorios indígenas y otras categorías más restrictivas. WDPA **”	
Bolivia	Ministerio de Medio Ambiente y Agua -Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos • Dirección General de Biodiversidad y Áreas Protegidas Decreto Supremo N° 29894 (2009) (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2021; Presidencia de la República, 1998; 2009). Ley del Medio Ambiente promulgada el 27 de Abril de 1992. La Ley 1333 de 1992 establece el Reglamento General de Gestión Ambiental (Honorable Congreso Nacional, 1992).	Institucionalidad para las áreas protegidas -SERNAP- “El Servicio Nacional de Áreas Protegidas o SERNAP por sus siglas, es una institución del Estado Plurinacional de Bolivia, encargada de salvaguardar las áreas protegidas del país. Estructura operativa descentralizada del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, tiene una dependencia funcional (política y normativa) del Viceministro de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal. El SERNAP fue creado en 1997, cuando la Cumbre de Río (1992) dio lugar a los convenios internacionales enfocados al desarrollo sostenible, se encarga de coordinar el funcionamiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y participa de la conservación de la diversidad biológica y cultural del país.La Constitución Política del Estado (2009) define a las Áreas Protegidas como un bien común que forma parte del patrimonio natural y cultural del país; y que éstas cumplen funciones ambientales, culturales, sociales y económicas para el desarrollo sustentable. Asimismo, la Ley Marco de la Madre Tierra (2012), señala al Sistema de Áreas Protegidas como uno de los principales instrumentos de defensa de la Madre Tierra”. <a href="http://sernап.gob.bo/presentacion/">http://sernап.gob.bo/presentacion/</a>	Servicio Nacional de Áreas Protegidas -SERNAP- “El Servicio Nacional de Áreas Protegidas o SERNAP por sus siglas, es una institución del Estado Plurinacional de Bolivia, encargada de salvaguardar las áreas protegidas del país. Estructura operativa descentralizada del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, tiene una dependencia funcional (política y normativa) del Viceministro de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal. El SERNAP fue creado en 1997, cuando la Cumbre de Río (1992) dio lugar a los convenios internacionales enfocados al desarrollo sostenible, se encarga de coordinar el funcionamiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y participa de la conservación de la diversidad biológica y cultural del país.La Constitución Política del Estado (2009) define a las Áreas Protegidas como un bien común que forma parte del patrimonio natural y cultural del país; y que éstas cumplen funciones ambientales, culturales, sociales y económicas para el desarrollo sustentable. Asimismo, la Ley Marco de la Madre Tierra (2012), señala al Sistema de Áreas Protegidas como uno de los principales instrumentos de defensa de la Madre Tierra”. <a href="http://sernап.gob.bo/presentacion/">http://sernап.gob.bo/presentacion/</a>	Ministerio de Medio Ambiente y Agua -Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos • Dirección General de Biodiversidad y Áreas Protegidas Decreto Supremo N° 29894 (2009) (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2021; Presidencia de la República, 1998; 2009). Ley del Medio Ambiente promulgada el 27 de Abril de 1992. La Ley 1333 de 1992 establece el Reglamento General de Gestión Ambiental (Honorable Congreso Nacional, 1992).	27 de Abril de 1992. La Ley 1333 de 1992 establece el Reglamento General de Gestión Ambiental (Honorable Congreso Nacional, 1992).	La normativa boliviana establece seis categorías para las áreas protegidas	Bolivia cuenta con 22 áreas protegidas de nivel nacional, suman 182.716,99 km <sup>2</sup> , correspondiente al 16,63% del territorio nacional.	- Parque Nacional de la Biosfera Estación Biológica del Beni: 135.000 ha	- Parque Nacional Noel Kempff Mercado: 1.523.446 ha	- Área protegida municipal Pampas del río Yacuma (Santa Rosa de Yacuma); 616.453 ha.

País	<p>Normatividad e institucionalidad ambiental identificadas</p> <p>Institucionalidad para las áreas protegidas</p>	Año establecimiento	Autoridades ambientales competentes de áreas protegidas	Categorías de áreas protegidas	Porcentaje total país	Áreas protegidas de la Amazonía administración nacional	Áreas protegidas de la Amazonía regionales, federales y/o departamentales	Áreas protegidas de la Amazonía locales	<p>“Reportes RAISG (2021) ANP deduciendo áreas sobrepuertas con territorios indígenas y otras categorías más restrictivas. WDPA **”</p>	
			<p>Trabajan de forma conjunta y articulada al SNUC:</p> <p><b>El Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (IBAMA),</b> órgano ejecutivo de la Política Nacional del Medio Ambiente -PNMA-, creado por la Ley 7735/89, de 22 de febrero de 1989; posee autorquía federal, responsable de la ejecución de la PNMA y desarrolla diversas actividades para la protección y conservación del patrimonio natural, ejerciendo el control y la fiscalización sobre el uso de los recursos naturales (agua, flora, fauna, suelo, etc.)(IBAMA, 2018).</p> <p><b>El Instituto Chico Mendes para la Conservación de la Biodiversidad (ICMBio),</b> institución autónoma de régimen especial vinculada al Ministerio del Medio Ambiente e integrada al Sistema Nacional de Medio Ambiente de Brasil (SISNAMA). Creado por la ley n°11.516, agosto 28 de 2007.</p> <p>(IBAM, 2018; ICMBio, 2023; Wikipedia, 2021b).</p>							

País	Normatividad e institucionalidad ambiental identificadas	Institucionalidad para las áreas protegidas	Año establecimiento	Autoridades ambientales competentes de áreas protegidas	Categorías de áreas protegidas	Porcentaje total país	Áreas protegidas de la Amazonía administración nacional	Áreas protegidas de la Amazonía regionales, federales y/o departamentales	Áreas protegidas de la Amazonía locales	“Reportes RAISG (2021) ANP deduciendo áreas sobrepuertas con territorios indígenas y otras categorías más restrictivas. WDPA **”
Colombia	La Ley 2 de 1959 artículo 13 define se creará un Sistema de Parques Nacionales, Decreto Ley 2811 de 1974. El Código de Recursos Naturales y del Ambiente define el Sistema de Parques Nacionales, categoría de manejo. El Decreto 622 de 1977 reglamenta el Sistema de Parques Nacionales. La Ley 99 de 1993 crea el Ministerio de Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental, y el Decreto 2372 de 2010 establece el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP); Es el conjunto de las áreas protegidas, los actores sociales e institucionales y las estrategias e instrumentos de gestión que las articulan, que contribuyen todo al cumplimiento de los objetivos generales de conservación del país	El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP); Es el conjunto de las áreas protegidas, los actores sociales e institucionales y las estrategias e instrumentos de gestión que las articulan, que contribuyen todo al cumplimiento de los objetivos generales de conservación del país	El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP); Es el conjunto de las áreas protegidas, los actores sociales e institucionales y las estrategias e instrumentos de gestión que las articulan, que contribuyen todo al cumplimiento de los objetivos generales de conservación del país	Las categorías de áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales son establecidas en el Código de Recursos Naturales Decreto Ley 2811/1974 y el Decreto reglamentario 622/1977; las categorías son; Parque Nacional Natural PNN, Reserva Nacional Natural RNN, Área Natural Única ANU, Santuario de Flora y/o Flora, y Vía Parque VP	El SINAP de Colombia posee 15.266 áreas protegidas que cubren 49359006,60 ha es decir el 23,84% del territorio nacional. El número total de áreas protegidas de gobernanza pública nacionales de 121 y cubren 45689525,02 ha, gobernanza pública regional son 308 y cubren 3955864,31 hay de gobernanza privada son 1097 y cubren 23976,94 ha (RUNAP, 12 diciembre 2022).	El SINAP de Colombia posee 15.266 áreas protegidas que cubren 49359006,60 ha es decir el 23,84% del territorio nacional. El número total de áreas protegidas de gobernanza pública nacionales de 121 y cubren 45689525,02 ha, gobernanza pública regional son 308 y cubren 3955864,31 hay de gobernanza privada son 1097 y cubren 23976,94 ha (RUNAP, 12 diciembre 2022).	En la Amazonía colombiana se han declarado 80 áreas protegidas, de éstas 11 hacen parte del Sistema de Parques Nacionales Naturales en las categorías:	En la Amazonía colombiana se han declarado 80 áreas protegidas, de éstas 11 hacen parte del Sistema de Parques Nacionales Naturales en las categorías:	En la Amazonía colombiana, hay 216 Territorios Indígenas que custodian más del 53,5% del bosque amazónico. 26.976.283 Ha. (Gaia Amazonia, 2019; RUNAP, 2023).	Áreas naturales protegidas ANP: 11.349.100 ha

País	Normatividad e institucionalidad ambiental identificadas	Institucionalidad para las áreas protegidas	Año establecimiento	Autoridades ambientales competentes de áreas protegidas	Categorías de áreas protegidas	Porcentaje total país	Áreas protegidas de la Amazonía administración nacional	Áreas protegidas de la Amazonía locales	Áreas protegidas de la Amazonía regionales, federales y/o departamentales	“Reportes RAISG (2021) ANP deduciendo áreas sobrepuertas con territorios indígenas y otras categorías más restrictivas. WDPA **”
Ecuador	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica - Viceministerio del Ambiente - Subsecretaría de Patrimonio Natural - Dirección de Áreas protegidas y otras formas de conservación (MAE, S.F.a; Wikipedia, 2023g).	Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), conocido como Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), (MAE, s.f.a: Áreas Locales Protegidas, 2020; Wikipedia, 2023g).	El Sistema Nacional de Áreas Protegidas adscrito al Ministerio del Ambiente desde 2008.	El SNAP se integrará por los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado	El SNAP comprende 26.208,785,38 ha que corresponden 19.42% del territorio nacional: 21.000.000 ha (19,15%) área marina, el área terrestre corresponde a 19,3 millones de hectáreas en área marina 76 áreas protegidas a nivel nacional.	El SNAP comprende 26.208,785,38 ha que corresponden 19.42% del territorio nacional: 21.000.000 ha (19,15%) área marina, el área terrestre corresponde a 19,3 millones de hectáreas en área marina 76 áreas protegidas a nivel nacional.	Se encuentras 10 áreas que suman 1.936.413,5 ha. Reserva Ecológica Cofán Bermejo, Paques Nacionales: Sumaco Napo-Galeras, Yasuni.	Áreas naturales protegidas ANP: 5.403.300 ha	Áreas naturales protegidas ANP: 5.403.300 ha	Porcentaje del territorio amazónico del país: 40,8%

País	Normatividad e institucionalidad ambiental identificadas	Institutionalidad para las áreas protegidas	Año establecimiento	Autoridades ambientales competentes de áreas protegidas	Categorías de áreas protegidas	Porcentaje total país	Áreas protegidas de la Amazonía administración nacional	Áreas protegidas de la Amazonía regionales, federales y/o departamentales	Áreas protegidas de la Amazonía locales	“Reportes RAISG (2021) ANP deduciendo áreas sobrepuertas con territorios indígenas y otras categorías más restrictivas. WDPA **”
Guyana	Sistema Nacional de Áreas Protegidas NPAS (siglas en inglés de National Protected Areas System) (Kissoon, 2006; PAT, 2023).	En el año 2012, se establece la Comisión de Áreas Protegidas (CAP, sigla en inglés: Protected Areas Commission). Previamente Agencia de Protección Ambiental (EPA, sigla en inglés: Environmental Protection Agency).	Parque Nacional Centro para conservación del bosque Área de Conservación (Kissoon, 2006; PAT, 2023; Tovar & Guerrero Forero, 2011).	Kaieteur National Park: 62.700 ha. Kanashen Amerindian Protected Area: 625.000 ha. Kanuku Mountains Protected Area: 611.000 ha Iwokrama International Centre for Rainforest Conservation and Development: 371.000 ha (PAT, 2023).	Se encuentran 4 áreas protegidas que suman 1669,7 ha.	El NPAS está a cargo del 8.4% del área del país (PAT, 2023).	Áreas naturales protegidas ANP: 1.035.700 ha	Porcentaje del territorio amazónico del país: 4,9%		

País	Normatividad e institucionalidad ambiental identificadas	Institucionalidad para las áreas protegidas	Año establecimiento	Autoridades ambientales competentes de áreas protegidas	Categorías de áreas protegidas	Porcentaje total país	Áreas protegidas de la Amazonía administración nacional	Áreas protegidas de la Amazonía regionales, federales y/o departamentales	Áreas protegidas de la Amazonía locales	“Reportes RAISG (2021) ANP deduciendo áreas sobrepuestas con territorios indígenas y otras categorías más restrictivas. WDPA **”	

País	Institucionalidad para las áreas protegidas	Año establecimiento	Categorías de áreas protegidas	Porcentaje total país	Áreas protegidas de la Amazonía administración nacional	Áreas protegidas de la Amazonía regionales, federales y/o departamentales	Áreas protegidas de la Amazonía locales	"Reportes RAIIG (2021) ANP deduciendo áreas sobrepuestas con territorios indígenas y otras categorías más restrictivas, WDPA **"
Suriname	Ministry of Natural Resources (MONR).	El 1953 establecieron un santuario para la fauna de caza, que en 1966 se convirtió en la Reserva Natural de Coppename Monding. (Tovar & Guerrero Forero, 2011b; Wikipedia, 2023h).	Ministerio de Recursos Naturales (Ministry of Natural Resources MNR)	Áreas de Manejo Multiuso Parque Natural Reservas Naturales Reservas Forestales (RINA, 2023; Tovar & Guerrero Forero, 2011).	Las áreas protegidas cubren en total 2.483.520 ha, de las cuales 2.113.220 ha (12,9%) corresponden a superficie terrestre y 370.300 (2,9%) a superficie marina (RINA, 2023 Wikipedia, 2020a, b, c).	Parque natural Brownsberg Reserva Natural de Surinam Central 1.600.000 ha. Reserva natural de Tafelberg 140.000 ha.	Áreas naturales protegidas ANP: 2.604.700 ha	Porcentaje del territorio amazónico del país: 17,8%
Venezuela	Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo (MINEC) Viceministerio de Gestión Ecosocialista del Ambiente Sistema de Información para la Gestión Territorial Gestión Territorial del Ambiente (SIGTA) Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) (de los Ríos, 2022; MINEC, 2023).	Sistema de Información para la Gestión Territorial del Ambiente (SIGTA) (de los Ríos, 2022; MINEC, 2023).	El Parque Nacional Rancho Grande fue el primero en declararse en 1937. En 1983, se publicó la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (LOPT), bajo esta ley se estableció un sistema nacional de planes para la Ordenación del Territorio con distintos niveles, uno de estos son las ABRAE. El Decreto N° 3.750 de 2019, incluye la última modificación de cambiar la denominación de Servicios Ambientales del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales a Servicios Ambientales para el Ecosocialismo SAEC. (de los Ríos, 2022; Linares Vizcaya & Castillo Carmona, 2023; MINEC, 2023).	Parques Nacionales Monumentos Naturales Refugios de Fauna Silvestre Reservas Forestales Santuarios de Fauna Silvestre Reservas de la Biosfera (de los Ríos, 2022; Linares Vizcaya & Castillo Carmona, 2023; MINEC 2023).	Siete parques nacionales 9.614.740 ha, dos reservas de biosfera 9.602.466 ha y 22 monumentos naturales 9.196.545 ha, para un total de 28.413.751 ha, bajo jurisdicción estatal en la amazonía.	Bajo administraciones regionales se encuentran: un área boscosa 302.493 ha, un refugio de fauna 7.575ha, cinco reservas forestales 9.490.465 ha., dos zonas de seguridad 118.362 ha, que suman 9.918.895 ha. (de los Ríos, 2022; Linares Vizcaya & Castillo Carmona, 2023; MINEC 2023).	Áreas naturales protegidas ANP: 19.803.200 ha	Porcentaje del territorio amazónico del país: 42,1%

\* World Database on Protected Areas (WDPA). El proyecto World Database on Protected Areas (WDPA) es una de las bases de datos más completas sobre áreas protegidas a nivel global.

Los datos para los países que participan de la Amazonía se alimentan de los reportes oficiales de cada país y están actualizados al año 2022.

Fuente: Elaboración propia